	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTORES:

NOMBRE(S) CAMILO ANDRÉS APELLIDOS LAMUS RAMÍREZ
 NOMBRE(S) JUAN FRANCISCO APELLIDOS DUARTE TÉLLEZ

FACULTAD: DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S) GABRIELA ALEJANDRA APELLIDOS SIERRA PEÑARANDA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN, PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE RAYOS X A CARGO DE LA EMPRESA VHM INGENIERÍA S.A.S

RESUMEN. En este documento se realizó una recopilación de información fundamental que todo servidor requiere para inspeccionar un equipo de rayos x fijo o portátil, además se expone de forma sencilla y secuencial los pasos a seguir, de cómo se debe identificar, corregir y prevenir la mayor cantidad de fallas que pueden surgir en un equipo de imagenología de tipo portátil o fijo, cumpliendo con protocolos y estándares de calidad nacional e internacional, de modo que la empresa VHM Ingeniería S.A.S obtenga una herramienta que aporte valor agregado a la protección del servidor biomédico y su vez garantice un efectivo servicio..

PALABRAS CLAVES: rayos x, equipo, fallas, empresa, protocolo

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 174 **PLANOS:** **ILUSTRACIONES:** **CD ROOM:**

PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN, PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS
EN EQUIPOS DE RAYOS X A CARGO DE LA EMPRESA VHM INGENIERÍA S.A.S

CAMILO ANDRÉS IBARRA MERCHÁN
JUAN FRANCISCO DUARTE TÉLLEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2022

PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN, PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS
EN EQUIPOS DE RAYOS X A CARGO DE LA EMPRESA VHM INGENIERÍA S.A.S

CAMILO ANDRÉS IBARRA MERCHÁN
JUAN FRANCISCO DUARTE TÉLLEZ

Proyecto de trabajo de grado como requisito para adquirir el título de Ingeniero electromecánico

Director

GABRIELA ALEJANDRA SIERRA PEÑARANDA

Magister

Codirector

VICTOR HUGO MURCIA CELIS

Magister

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO**

FECHA: 19 de mayo de 2022

HORA: 05:30 p.m

LUGAR: SC 302

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: "PROTOCOLO PARA LA IDENTIFICACIÓN, PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE RAYOS X A CARGO DE LA EMPRESA VHM INGENIERÍA S.A.S".

JURADOS: Mgs: JOSE ARMANDO BECERRA VARGAS
Mgs: YESENIA RESTREPO CHAUSTRE

DIRECTOR: Mg: GABRIELA ALEJANDRA SIERRA PEÑARANDA
CODIRECTOR: Ing. VÍCTOR HUGO MURCIA CELIS

APROBADA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	CÓDIGO	CALIFICACION
CAMILO ANDRÉS IBARRA MERCHÁN	1091283	4.4
JUAN FRANCISCO DUARTE TELLEZ	1091387	4.4

FIRMA DE LOS JURADOS:





VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

Mayerlins Ch.

Tabla de contenido

	pág.
Resumen.	14
Introducción	15
1. Problema	16
1.1 Título	16
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Justificación	17
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo general	18
1.4.2 Objetivos específicos	18
1.5 Delimitación	19
1.5.1 Delimitación temporal	19
1.5.2 Dimensión espacial	19
2. Marco referencial	20
2.1 Antecedentes	20
2.2 Estado del arte	22
2.3 Marco legal	55
2.4 Marco contextual	57
3. Diseño metodológico	59
3.1 Tipo de investigación	59
3.2 Diseño de investigación	59
3.3 Actividades y metodología	60

4. Gestión de mantenimiento de la empresa	63
5. Resultados	122
6. Conclusiones	135
7. Recomendaciones	137
Referencias bibliográficas	138
Anexo	143

Lista de tablas

	pág.
Tabla 1. Inventario de equipos de rayos x en VHM ingeniería S.A.S.	62
Tabla 2. Descripción de piezas del Bucky mural	90
Tabla 3. Falla (Equipo no libera bloqueos en torre de tubo de rayos x)	94
Tabla 4. Falla (Equipo no realiza la preparación ni posterior exposición de rayos X)	95
Tabla 5. Falla (Indicador de “Ready” está encendido, pero no realiza exposición)	96
Tabla 6. Falla (Alto mA)	97
Tabla 7. Falla (no existe generación de mA)	98
Tabla 8. Fallas del tubo de rayos x (aspectos térmicos normalmente)	101
Tabla 9. Códigos de error de autodiagnóstico. Tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).	102
Tabla 10. Falla (Inverter Fault)	117
Tabla 11. Nueva rutina de mantenimiento preventivo para el equipo de rayos x fijo.	122
Tabla 12. Nueva rutina de mantenimiento preventivo para el equipo de rayos x portátil.	129

Lista de figuras

	pág.
Figura 1. Espectro de radiación electromagnética	23
Figura 2. Efecto Fotoeléctrico y efecto Compton	25
Figura 3. Partes principales de un tubo de rayos x.	26
Figura 4. Mecanismos normalmente utilizados para mantener y desplazar el tubo de rayos x, A, Soporte de techo, B, Soporte de suelo, C Soporte de brazo	27
Figura 5. Revestimiento protector o coraza	28
Figura 6. A, Cátodo de doble filamento, B Esquema detallado de un cátodo de doble filamento	29
Figura 7. C Copa focalizadora, A sin copa focalizadora, B con copa focalizadora	30
Figura 8. Tubo de rayos x con dos puntos focales o doble filamento	31
Figura 9. A. Tubo rayos x con ánodo estacionario, B. Tubo de rayos x con ánodo rotatorio.	32
Figura 10. A. Ánodo tipo estático, B. Ánodo tipo rotatorio. C. Capas internas del ánodo rotatorio	33
Figura 11. A. Dimensiones Ánodo tipo estático, B. Dimensiones Ánodo tipo rotatorio	34
Figura 12. Mecanismo de giro de un rotor rotatorio (motor de inducción)	35
Figura 13. Foco fino y foco grueso del ánodo	36
Figura 14. Impacto geométrico para el foco efectivo	36
Figura 15. Relación de intensidad de tubo de rayos x contra intensidad del filamento controlada por un diferencial de potencial aplicado en el tubo de rayos x.	37

Figura 16. Intensidad vs voltaje del tubo de rayos x.	38
Figura 17. Esquema básico del generador de rayos X.	40
Figura 18. Equipo de rayos x fijo, partes fundamentales	41
Figura 19. Circuito eléctrico de la consola de control	44
Figura 20. Autotransformador esquema eléctrico	45
Figura 21. A. Esquema eléctrico del filamento, B. Medidor de mA.	47
Figura 22. Sección de un generador de alto voltaje.	48
Figura 23. Rectificador de onda completa	49
Figura 24. Esquema eléctrico general de un equipo de rayos x.	50
Figura 25. Equipo de rayos x móvil	51
Figura 26. Consola de control y zona de recepción de imagen del tubo de rayos x portátil.	53
Figura 27. Esquema eléctrico de un inversor de un generador de alto voltaje	54
Figura 28. Rutina de mantenimiento de equipos de rayos x de la empresa VHM ingeniería S.A.S antes del trabajo dirigido	64
Figura 29. Equipo Patrón Fluke TNT 12000D. Imagen 2. Detector X-Ray Test TNT 12000WD).	66
Figura 30. Encendido de equipo	67
Figura 31. Posicionamiento del equipo detector	67
Figura 32. Modo de selección TNT 12000	68
Figura 33. Colimación de disparo a detector TNT 12000WD	68
Figura 34. Disparo de rayos x a detector TNT12000WD	69

Figura 35. Datos obtenidos con dispositivo Patrón.	70
Figura 36. Localización de componentes módulo principal	71
Figura 37. Módulo de control Rx TXR 425.	72
Figura 38. Tarjeta de distribución 24V.	73
Figura 39. Interruptores selección de kVp.	74
Figura 40. Timer board.	74
Figura 41. Tarjeta de control rotor.	75
Figura 42. Contactor de Backup.	76
Figura 43. Transformador colimador.	76
Figura 44. Mesa Transversal	77
Figura 45. Frenos Electromagnéticos.	78
Figura 46. Vista trasera mesa transversal.	78
Figura 47. Tarjeta auxiliar mesa transversal	79
Figura 48. Sistema de frenos por Electroimán	80
Figura 49. Colimador del equipo de rayos x fijo	80
Figura 50. Desmontaje del colimador	81
Figura 51. Colimador desmontado del soporte	82
Figura 52. Desensamble del protector externo del colimador	82
Figura 53. Liberación del visor acrílico de colimación	83
Figura 54. Correcto despiece del colimador	83

Figura 55. Despiece del colimador	84
Figura 56. Ajuste Chasis 14"x17" con película de fósforo	85
Figura 57. ATP Phantom	85
Figura 58. Ajuste de Phantom	86
Figura 59. Transformador de 24V de sistema de bloqueo	87
Figura 60. Sistema de bloqueo magnético	88
Figura 61. Retiro de lámina protectora	88
Figura 62. Tarjeta electrónica de accionamientos	89
Figura 63. Partes del Bucky mural	90
Figura 64. Soporte de tubo no rotatorio con riel transversal	92
Figura 65. Soporte de tubo no rotatorio con riel transversal	92
Figura 66. Ajuste de kVp.	93
Figura 67. Tarjeta de suministro de los capacitores	103
Figura 68. Tarjeta superior 01643	104
Figura 69. Protecciones de la tarjeta superior 01643	104
Figura 70. Tarjeta 01643 y capacitores	105
Figura 71. Bornes positivos y terminales AC del módulo inversor	106
Figura 72. A. Panel frontal, B. Sistema de filtrado	107
Figura 73. Placas driver dual AEM	107
Figura 74. Módulo IGBT	108

Figura 75. Tarjeta de regulación y control de disparo	109
Figura 76. A. Pulsador de disparo, B. Conector CP1	109
Figura 77. Desensamble del colimador, tornillos hexagonales	111
Figura 78. Desensamble del colimador	111
Figura 79. Circuito de alimentación del colimador	112
Figura 80. Retiro de tornillería de la carcasa del colimador	113
Figura 81. A. Tornillería de las perillas del colimador, B. Perillas retiradas	114
Figura 82. Parte electrónica del colimador varias tomas	115
Figura 83. Parte superior e inferior de la carcasa protectora del brazo	116
Figura 84. Cadena tensora del soporte de brazo	117

Lista de anexos

	pág.
Anexo 1. Equipo de imagenología fijo (txr tingle medical). Esquemático generador de alto voltaje trifásico.	144
Anexo 2. Equipo de imagenología portátil (t30 villa sistema visitor). Despiece 3017-1.	154
Anexo 3. Descripción de piezas 3017-3	161

Resumen.

Este proyecto es diseñado y desarrollado por estudiantes de la Universidad Francisco de Paula Santander para obtener el título como ingenieros electromecánicos, se ejecutó en las sedes de Cúcuta, Tibú y Sardinata en la empresa VHM Ingeniería S.A.S, empresa dedicada al mantenimiento, metrología y calibración de equipos biomédicos.

En este documento se realizó una recopilación de información fundamental que todo servidor requiere para inspeccionar un equipo de rayos x fijo o portátil, además se expone de forma sencilla y secuencial los pasos a seguir, de cómo se debe identificar, corregir y prevenir la mayor cantidad de fallas que pueden surgir en un equipo de imagenología de tipo portátil o fijo, cumpliendo con protocolos y estándares de calidad nacional e internacional, de modo que la empresa VHM Ingeniería S.A.S obtenga una herramienta que aporte valor agregado a la protección del servidor biomédico y su vez garantice un efectivo servicio.

Introducción

VHM Ingeniería S.A.S es una empresa ubicada en el departamento Norte de Santander con sede en la ciudad de Cúcuta, dedicada al mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos e industriales. Actualmente tiene adjudicada la contratación de 4 centros hospitalarios de la región, los cuales cuentan con servicio de radiología para imágenes diagnósticas.

El mantenimiento preventivo y la corrección de fallas en equipos de imagenología hospitalaria es de vital importancia para las empresas sociales del estado (E.S.E) ya que comprende el diagnóstico principal de pacientes con traumas, fracturas, accidentes de tránsito los cuales representan un gran porcentaje de personas que ingresan a las instalaciones del hospital.

La rápida y efectiva reacción del personal de mantenimiento frente a una falla en los equipos puede ser crucial en la vida de un paciente que con urgencia necesite un estudio de radiología; por esta razón se espera reducir las paradas forzadas y que los equipos se encuentren siempre en óptimas condiciones y a disposición de quien lo requiera.

El presente documento se realiza con el fin de obtener una estructuración u organización para la ejecución eficaz del proyecto esperando un impacto positivo para el sector biomédico, el cual tiene como objeto efectuar de forma eficaz y controlada; siguiendo normas nacionales vigentes, un protocolo para la identificación, prevención y corrección de fallas en equipos de rayos x, en la empresa VHM Ingeniería S.A.S..

1. Problema

1.1 Título

Protocolo para la identificación, prevención y corrección de fallas en equipos de rayos X a cargo de la empresa VHM Ingeniería S.A.S

1.2 Planteamiento del problema

Los equipos de radiología e imágenes diagnósticas son utilizados para la rápida y eficaz realización de dictámenes médicos, así como la determinación de patologías concretas, cumplen un papel importante durante el proceso de tratamiento a un paciente, por lo cual, el correcto funcionamiento de estos equipos debe ser garantizado.

La empresa VHM INGENIERÍA S.A.S se encarga de realizar soporte técnico, mantenimiento preventivo y correctivos de este tipo de equipos, pero existe un reducido número de personal capacitado e idóneo para efectuar estas actividades en la región y se evidencian situaciones inesperadas de fallas en equipos de imagenología debido a la carencia de mantenimiento preventivo ya que una falla inesperada en un equipo de imagenología podría causar un peligro para un paciente que requiere con urgencia un estudio de rayos x.

De acuerdo con lo expresado anteriormente se crean dos incógnitas ¿Cómo evitar fallas inesperadas en equipos de rayos x? y ¿Cuál es el proceso más idóneo que debe seguir el personal de mantenimiento biomédico para atender de forma eficiente ciertas fallas específicas en equipos de rayos x, teniendo el máximo control de protección y seguridad en el trabajo?

1.3 Justificación

Para la empresa VHM Ingeniería S.A.S tener un control del mantenimiento de los equipos de imagenología es de vital importancia debido a que prolonga la vida útil y garantiza su buen funcionamiento, por lo tanto, es esencial contar con una herramienta que permita diagnosticar y actuar sobre cierto tipo de fallas que pueden emerger de forma inesperada.

Identificar ¿La causa de una falla? y ¿Cómo se solucionan ciertas fallas? son interrogantes que ayudan a la mejora continua de la empresa y al personal de mantenimiento actuar adecuadamente sobre el equipo de una forma eficaz

Las empresas a las que VHM INGENIERÍA S.A.S ofrece sus servicios se presentan mayormente en zonas rurales de difícil acceso de Norte de Santander, por lo tanto VHM Ingeniería S.A.S se compromete con un gran desafío, estar suficientemente preparada para cualquier tipo de situación de avería respecto a estos equipos, por ello, este proyecto tiene como fin realizar una exhaustiva investigación en donde se detallen la mayor cantidad de fallas que puedan surgir en un equipo de rayos x fijo y portátil, cómo se identifican y cómo realizar la reparación de forma eficiente cumpliendo todos los protocolos y estándares de calidad nacional e internacional de forma que, el personal biomédico de la empresa se pueda enfrentar satisfactoriamente ante cualquier situación presentada en esta clase de equipos, debido a que adquirir equipos de rayos x de tipo portátil o fijo conlleva un alto costo y son equipos que requieren estar en buen estado y continuo funcionamiento, ya que tienen una importancia relevante por los requerimientos e información que suministran, los cuales ayudan a detectar diferentes tipos de patologías o lesiones en un paciente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Diseñar un protocolo para la identificación, prevención y corrección de fallas en equipos de rayos x, a cargo de la empresa VHM INGENIERÍA S.A.S ubicada en zonas del departamento de Norte de Santander.

1.4.2 Objetivos específicos. Identificar información relevante sobre el funcionamiento y estructura de los equipos de rayos x portátil y fijo.

✓ Diagnosticar el actual estado de los equipos de rayos x de tipo portátil y fijo a cargo de la empresa VHM Ingeniería S.A.S.

✓ Establecer fichas técnicas e instructivos de los equipos de rayos x de tipo portátil y fijo utilizados en los hospitales de Norte de Santander a los cuales VHM Ingeniería S.A.S les presta soporte técnico.

✓ Obtener la capacidad de realizar una socialización o capacitación sobre el manejo y uso de la guía instructiva al personal biomédico de la empresa encargados de los mantenimientos de los equipos de rayos x.

1.5 Delimitación

1.5.1 Delimitación temporal. El tiempo que se consideró para el desarrollo del proyecto fue de 4 meses de duración posterior a la aprobación del anteproyecto que fue aprobado en diciembre del año 2021.

Debido a la alta situación de emergencia que se presenta en el espacio hospitalario debido al COVID-19 se respetó las normas, protocolos de bioseguridad y políticas emergentes por la empresa y el estado colombiano.

1.5.2 Dimensión espacial. La ejecución del proyecto se realizó en las Instalaciones de VHM Ingeniería S.A.S ubicada en la ciudad de Cúcuta y en la E.S.E Hospital Regional Norte sedes Sardinata y Tibú de Norte de Santander.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Dentro de una escala internacional existen proyectos correlacionados como el de (Testani, 2017) en la universidad central de Venezuela titulado como *“Cambios anatómicos intrafracción en región pélvica masculina, analizado a través de imágenes con tomografía de haz cónico”* en donde se da a conocer una breve introducción a los fundamentos físicos y conceptos básicos de un equipo de rayos x.

En la escuela superior politécnica de Chimborazo de Ecuador, Brito (2018) presentó un proyecto titulado *“Implementación de un protocolo de control de calidad del equipo de rayos x Titan 2000M para el hospital general provincial docente Riobamba.”* en el cual implementa un protocolo de control de calidad para un equipo de rayos x, en donde describen los principios físicos del funcionamiento del equipo, la composición eléctrica y mecánica detallando todo tipo de uso y restricciones, por lo que agrega un valor en especial en la parte de pruebas mecánicas y eléctricas o en general en la inspección de estado del equipo de rayos x.

En Ecuador Haro y Sánchez (2019), el proyecto titulado como *“Diseño del plan de mantenimiento de equipos médicos del hospital IESS Ambato de: imagenología, quirófano y unidad de cuidados intensivos, aplicando estándares de la organización mundial de la salud.”* Implementaron un plan de mantenimiento de equipos médicos de imagenología basado en directrices de la organización mundial de la salud, en donde primero realiza una verificación del estado del equipo (análisis de efecto y falla (AMEF)) y ajustando una frecuencia de intervención

para la determinación de las labores de mantenimiento, además la información obtenida se implementa en un software de mantenimiento el cual automatiza la gestión.

Dentro de un contexto nacional también anteceden proyectos como el de Jiménez (2019) titulado como *“Realización de mantenimiento preventivo y correctivo de dispositivos médicos e industriales en las E.S.E donde Arkymed equipos S.A.S presta sus servicios”* en donde realiza una gestión para el mantenimiento correctivo y preventivo de equipos médicos basándose en protocolos de mantenimiento nacional, actualización de hojas de vida de los equipos médicos, un listado de las fallas más comunes y cómo realizar una reparación efectiva de los mismos.

En la universidad de Cundinamarca Acosta (2019) presenta un proyecto titulado como *“Soporte y gestión de los servicios de radiología bajo la modalidad de telemedicina en la empresa social del estado Hospital San Antonio Arbeláez Cundinamarca.”* el cual consistió en evaluar el estado físico y funcional de equipos radiológicos, creación de una guía metodológica como protocolo para los mantenimientos de equipos de rayos x y capacitación de personal asistencial de los equipos de radiología, este proyecto aporta decretos y resoluciones legales importantes que son decretadas por el ministerio de salud y protección social de la república de Colombia.

Claro (2018) realizó un plan de mantenimiento preventivo en el área de biomedicina la cual se basó en un análisis de fallas y estructuración de actividades secuenciales de mantenimiento en cierto espacio tiempo disminuyendo las actividades de mantenimiento correctivo, también actualizo formatos de mantenimiento con el fin de precisar actividades para cada mantenimiento correspondiente a cierto equipo, este trabajo va de la mano con el presente proyecto porque el

fin es similar a lo que se quiere lograr en la empresa VHM INGENIERÍA S.A.S que es actualizar las fichas de mantenimiento, realizar un estudio de estado de los equipos y fijar análisis preventivos específicamente en equipos de rayos x de tipo arco en c, portátil y fijo.

2.2 Estado del arte

En esta sección se encontrará todos los conceptos fundamentales y teorías que son necesarias para el desarrollo del presente proyecto.

Física básica de los rayos x.

Los rayos x fueron descubiertos en 1895 por Roentgen quien realizó la primera imagen radiográfica. (Cura, Pedraza, & Gayete, 2009).

Los rayos x son parte del espectro de radiación electromagnética, la cual se presenta en forma de fotones de diferentes niveles de energía que se movilizan a la velocidad de la luz, los rayos x están dentro del rango más alto del espectro electromagnético con la característica de que su longitud de onda es de menor a 10 nanómetros por lo que su frecuencia es muy alta y tiene un efecto de ionización en la materia, es decir, genera iones en la materia a causa de la desaceleración de electrones y liberación de energía en forma de fotón.

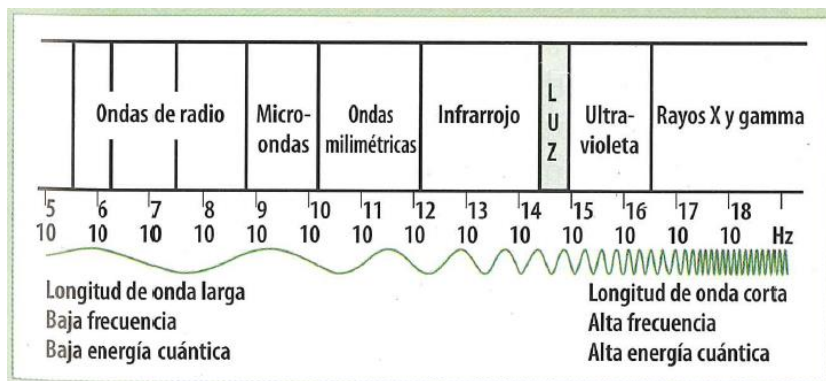


Figura 1. Espectro de radiación electromagnética. Fuente Tomado de (Cura, Pedraza, & Gayete, 2009).

Poder de penetración de los rayos x.

Al momento de los rayos x incidir en el cuerpo humano, parte de ellos se absorben por medio del efecto fotoeléctrico, otros se dispersan por medio del efecto Compton y el sobrante atraviesan el cuerpo en línea recta (cuando no hay interacción con la materia) (Cura, Pedraza, & Gayete, 2009).

Interacción con la materia.

El nivel de atenuación de los rayos x al incidir en la materia depende físicamente de dos efectos.

El efecto fotoeléctrico.

Este fenómeno ocurre cuando un fotón incidente choca con las órbitas del átomo y es absorbido, el fotón incidente transfiere toda su energía a un electrón el cual se libera como fotoelectrón y el átomo queda ionizado.

Este efecto prevalece en niveles pequeños de energía (keV) y en la interacción con elementos de la materia de altos números atómicos, como el calcio y el metal. (Martinez, 2017).

Efecto de Dispersión Compton.

Este fenómeno ocurre cuando un fotón incidente choca con las órbitas del átomo y no es absorbido, el fotón incidente transfiere parte de su energía, lo que provoca que su longitud de onda se eleve, lo que conlleva a un desvío de la dirección del fotón incidente y el átomo queda ionizado (cuando el átomo libera un fotoelectrón).

Este efecto prevalece en altos niveles de energía (keV) es el motivo principal de la radiación dispersa (cuando se desvían fotones de rayos x en diferentes direcciones) este fenómeno ocurre en el momento en que los fotones del cátodo chocan contra el ánodo, también cuando la radiación dispersa interactúa con el cuerpo humano, en este caso visualmente en las películas radiográficas se observa una atenuación que depende de la densidad física del medio atravesado. (Cura, Pedraza, & Gayete, 2009)

Una imagen ilustrativa de estos dos efectos se presenta en la siguiente figura.

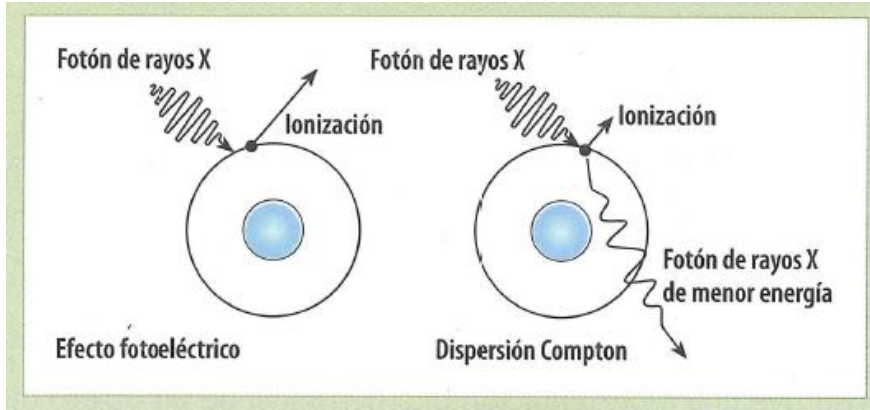


Figura 2. Efecto Fotoeléctrico y efecto Compton. Fuente Tomado de (Cura, Pedraza, & Gayete, 2009).

Tubo de rayos x.

Para comprender el funcionamiento del tubo de rayos x, primero se debe conocer los elementos por los que está compuesto y su función.

Es una parte fundamental en un equipo de imagenología, es donde se crea el haz efectivo de rayos x, y se encuentra al interior de un caparazón protector llamado coraza, que a su vez está protegida por una carcasa de vidrio o metal, en la figura 3 se observa un esquema de un tubo de rayos x con ánodo rotatorio. (Bushong, 2010).

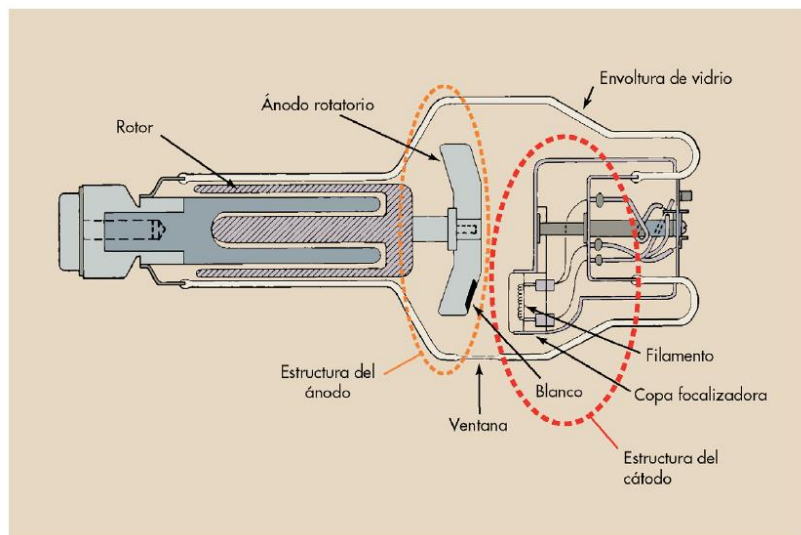


Figura 3. Partes principales de un tubo de rayos x. Fuente Tomado de (Bushong, 2010).

Un tubo de rayos x generalmente está formado por una parte externa e interna, la parte externa está compuesta por la estructura de sustento, el revestimiento protector, y la carcasa.

La parte interna también llamada ampolla está conformada por el ánodo y cátodo principalmente (Bushong, 2010).

Componentes externos del tubo de rayos x.

Sistema de sustento de techo: El revestimiento protector junto con el tubo de rayos x, suele ser muy pesado de modo que necesita un mecanismo de soporte que permita la movilidad y sostenimiento del tubo de rayos x, en la figura 4 se muestran algunos mecanismos que son utilizados para sostener el tubo de rayos x (Bushong, 2010).



Figura 4. Mecanismos normalmente utilizados para mantener y desplazar el tubo de rayos x, A, Soporte de techo, B, Soporte de suelo, C Soporte de brazo. Fuente tomado de Toshiba Corp. C, General Electric Medical Systems.

Revestimiento protector o coraza: Es la encargada de la protección contra descargas eléctricas y minimizar la exposición a la radiación de fuga, dado que para generar los rayos x se requieren altos niveles de tensión, la coraza contiene un de sistemas de aislamiento eléctrico, algunas de estas están protegidas de aceite, el cual refrigera al tubo y actúa como aislante eléctrico, además en el momento de la generación de los rayos x, estos se emiten en todas las direcciones con la misma intensidad, de modo que sólo son útiles los rayos que escapan por una sección especial llamada ventana y estos suelen llamarse el haz útil o efectivo, existen rayos x que se escapan de la coraza a los que se les llama radiación de fuga; la cual expone a una pequeña tasa de radiación al paciente y operario. (Bushong, 2010).

El área espacial de la ventana aproximadamente es de 5 cm^2 , y el tamaño del tubo de vacío electrónico es de 20 a 50 cm de largo y 20 cm de diámetro, en la figura 5 se presenta un esquema general de la estructura de la coraza. (Bushong, 2010).

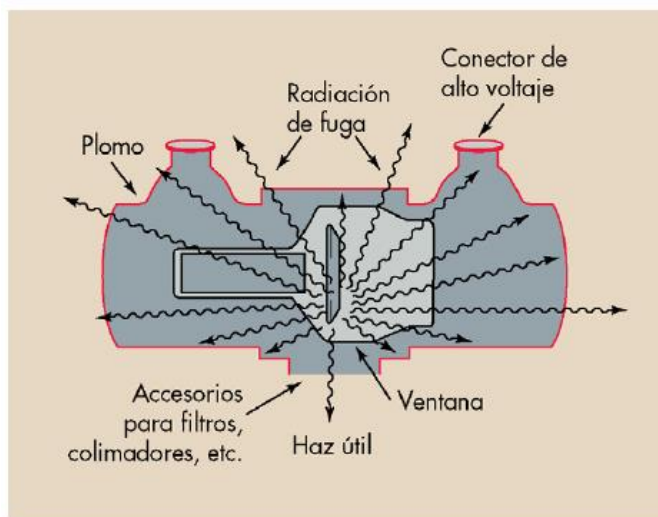


Figura 5. Revestimiento protector o coraza. Fuente tomado de (Bushong, 2010).

Carcasa de metal o de vidrio: Es la encargada de mantener el vacío electrónico dentro del tubo de rayos x para que la generación de rayos x sea más eficiente, también prolonga la vida útil de la ampolla, de modo que no permite cantidades pequeñas de gas dentro, la carcasa de vidrio o de metal envuelve a la coraza junto con el tubo de vacío, la carcasa de vidrio es fabricada en cristal Pyrex la cual resiste altas temperaturas.

Generalmente los tubos de rayos x que contienen carcasas metálicas logran tener un control más eficiente de la intensidad. (Bushong, 2010).

Componentes internos del tubo de rayos x.

Cátodo: Es el electrodo negativo del tubo de vacío o de la ampolla y consta de dos partes principales; una copa focalizadora y el filamento, en la figura 6.A, se observa un cátodo con doble filamento que produce distintas nubes de electrones para producir dos puntos focales y un esquema electrónico de su alimentación eléctrica. (Bushong, 2010).

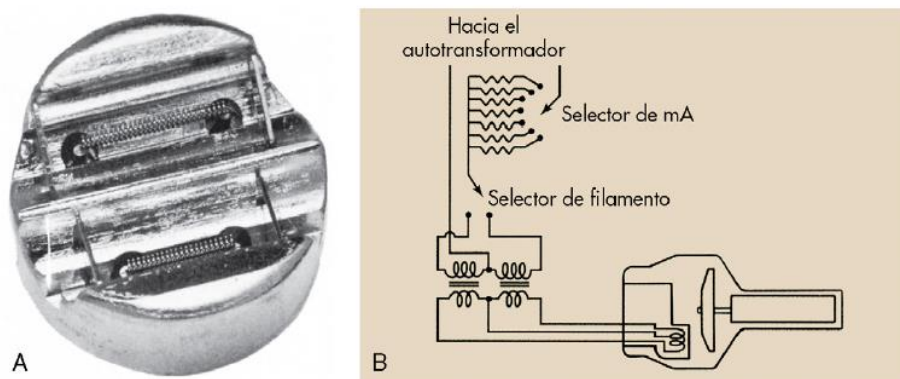


Figura 6. A, Cátodo de doble filamento, B Esquema detallado de un cátodo de doble filamento. Fuente Tomado, A de The Machlett Laboratories, Inc. Y B de (Bushong, 2010).

Filamento: El propósito del filamento es crear una nube de electrones, esta es creada cuando por él circulan altos niveles de intensidad, produciendo una emisión termoiónica, es decir, cuando los electrones de las capas más externas del átomo son liberados.

Generalmente son fabricados en tungsteno toriado, tiene un punto de fusión elevado (3410 °C) de modo que la probabilidad de que este se derrita es casi nula. (Bushong, 2010).

Copa focalizadora: El filamento es introducido en una estructura de metal llamada copa focalizadora como se muestra en la figura 7 C.

La copa focalizadora cumple la función de controlar el haz de electrones que se crea en el filamento, condensándose en dirección hacia el blanco evitando la dispersión de los electrones.

Usualmente los tubos de rayos x de ánodo rotatorio tienen dos filamentos en su cátodo para crear dos puntos focales, uno grande y otro pequeño.

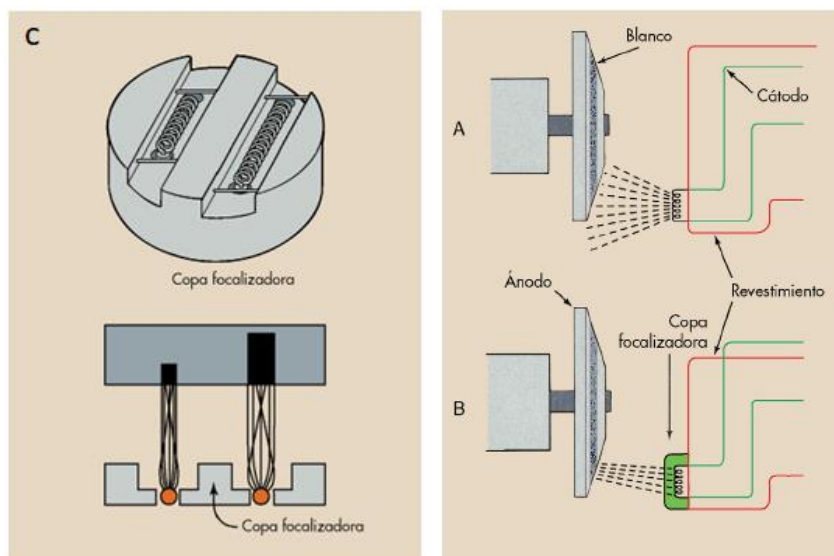


Figura 7. C Copa focalizadora, , A sin copa focalizadora, B con copa focalizadora. Fuente tomado de (Bushong, 2010).

Es habitual que los tubos de rayos x tengan dos puntos de focalización uno más grande que otro, como se observa en la figura 8, el punto de focalización (espacio donde chocan los electrones del cátodo con el blanco del ánodo, y es el espacio en donde se generan los rayos x) el punto focal más pequeño se utiliza cuando se requiere examinar partes pequeñas o cuando se

desea una mejor resolución, y el punto de focalización grande cuando se requiere examinar una amplia zona del cuerpo del paciente, o cuando se requiere una técnica que necesita altas temperaturas, el punto focal pequeño proviene del filamento pequeño de igual forma, el punto focal grande proviene del filamento más grande y para opcionar el punto focal a utilizar, se emplea un selector de mA ubicado en la consola de control, para utilizar el punto focal grande es normal seleccionar 400mA o más y para elegir el punto focal pequeño se utilizan valores menores a 400mA (Bushong, 2010).

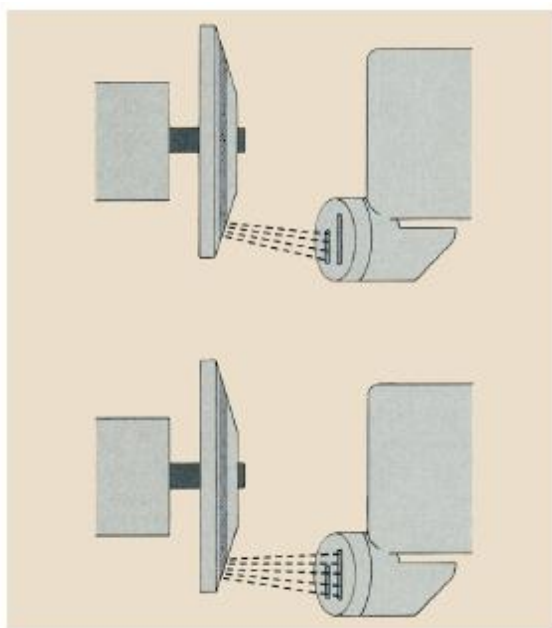


Figura 8. Tubo de rayos x con dos puntos focales o doble filamento. Fuente Tomado de (Bushong, 2010).

Ánodo: El ánodo es el electrodo positivo del tubo de rayos x, y cumple tres funciones; actúa como conductor eléctrico, porque recibe los electrones emitidos por el cátodo y los dirige al generador de alta tensión, brinda soporte mecánico para el blanco, y actúa como un disipador de calor, de modo que cuando los electrones del cátodo son dirigidos al ánodo, la mayor parte de la

energía cinética del flujo de electrones se convierte en forma de calor, el cual se debe disipar en un corto periodo de tiempo y esto es uno de los mayores retos que le hace frente a la construcción de tubos de rayos x de altos niveles de energía, generalmente sus materiales de fabricación son el cobre, grafito y el molibdeno.

Un tubo de rayos x puede ser de tipo ánodo giratorio y ánodo estático, como se muestra en la figura 9, habitualmente los equipos de rayos x son de tipo ánodo giratorio el cual es capaz de producir rayos x de alta intensidad en un corto periodo de tiempo (Bushong, 2010).



Figura 9. A. Tubo de rayos x con ánodo estacionario, B. Tubo de rayos x con ánodo rotatorio. Fuente Tomado de Philips Medical Systems.

El blanco: Es el espacio del ánodo en donde chocan los electrones emitidos por el cátodo, un ánodo de tipo estacionario el blanco es fabricado de una aleación de tungsteno ajustada en un ánodo de cobre como se muestra en la figura 10 A.

Un ánodo de tipo rotatorio se muestra en la figura 10 B, el cual es fabricado de una aleación de tungsteno además contiene capas de molibdeno y grafito, (figura 10 C) debido a ello el ánodo es más liviano con el fin de facilitar su rotación.

El ánodo rotatorio tiene una ventaja frente al estacionario ya que el blanco tiene una mayor área y el calor del ánodo no se concentra en un solo punto como se muestra en la figura 11, esto permite llegar a niveles más altos de intensidad y cortos tiempos exposición (Bushong, 2010).

La capacidad de disipación de calor en el ánodo se mejora aumentando la velocidad de rotación, los ánodos normales tienen velocidades de 3.6 krpm y los de alta capacidad pueden tener velocidades de hasta 10 krmp , el eje entre ánodo y rotor es corto con el fin de minimizar la conducción térmica debido a que el material es de molibdeno y su conducción térmica no es eficiente (Bushong, 2010).

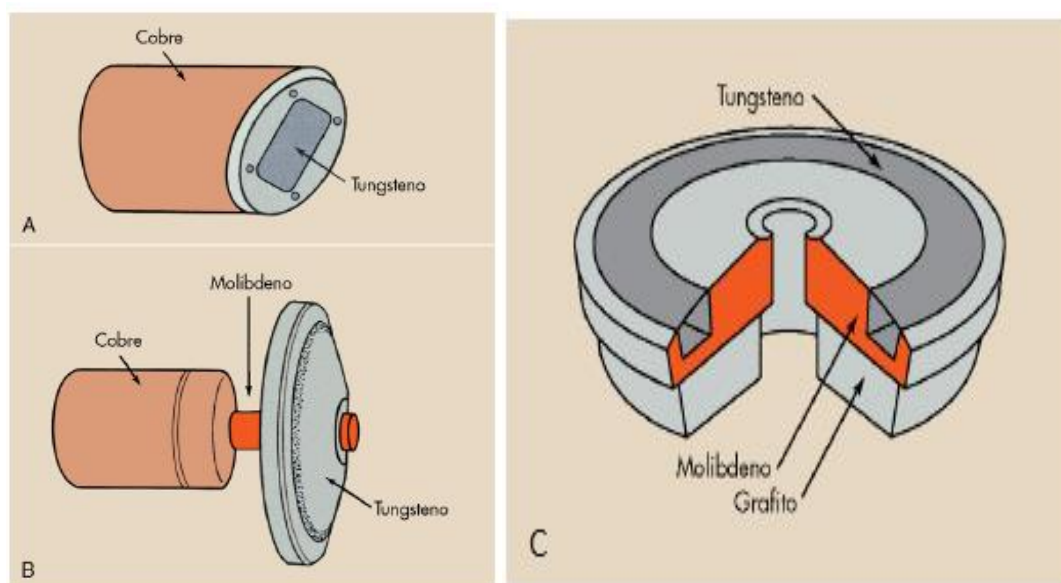


Figura 10. A. Ánodo tipo estático, B. Ánodo tipo rotatorio. C. Capas internas del ánodo rotatorio. Fuente tomado de (Bushong, 2010).

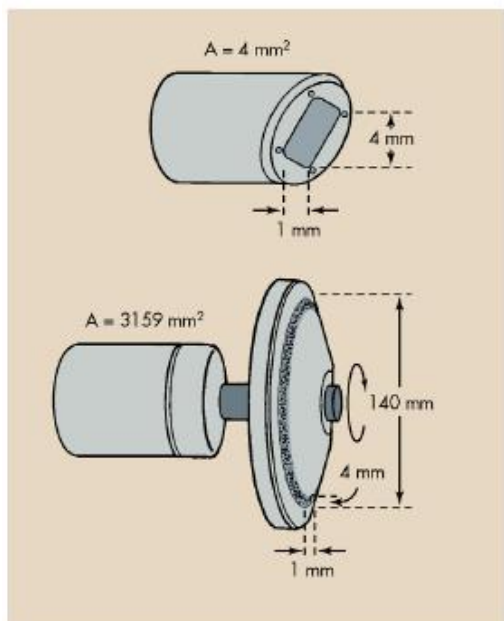


Figura 11. A. Dimensiones Ánodo tipo estático, B.Dimensiones Ánodo tipo rotatorio. Fuente tomado de (Bushong, 2010).

Mecanismo de giro del ánodo: Para el mecanismo de giro del ánodo rotatorio se emplea un motor de inducción electromagnética como se muestra en la figura 12, la cual consta de dos partes separadas por una fibra de cristal o de metal, a la parte externa se le denomina estator formada por una cadena de electroimanes equiespaciados y la parte interna, el rotor, formado de barras de cobre y un eje de hierro liviano, las intensidades que recorren el embobinado del estator inducen un campo magnético que hace rotar el eje del estator (rotor).

Existe un tiempo de retardo que se produce al momento de que el operador de rayos x oprime el botón exposición ubicado en la consola de control, el rotor se acelera a su número de revoluciones nominal, en el mismo momento en que el filamento se prepara (se calienta y la intensidad en el aumenta) hasta proporcionar una intensidad adecuada en el tubo de rayos x, momento adecuado para aplicar la diferencia de potencial al tubo de rayos para la correcta

emisión del haz útil, una vez la exposición ha sido completada el rotor disminuye su velocidad en aproximadamente un minuto (Bushong, 2010).

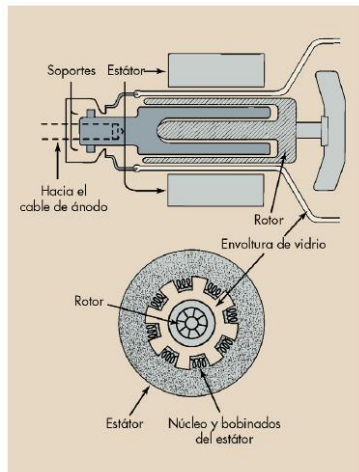


Figura 12. Mecanismo de giro de un rotor rotatorio (motor de inducción). Fuente tomado de (Bushong, 2010).

Principio de foco efectivo: El punto focal es el espacio del blanco en donde se produce los rayos x, se requieren puntos focales pequeños para obtener una mejor resolución espacial de la imagen, lamentablemente esto genera un calentamiento del blanco sobre un área específica lo que es un factor de limitación para el diseño del punto focal.

El foco es delgado se usa cuando se requiere menores niveles de intensidad y mayor tiempo de exposición. además, mejora la resolución de la imagen, en cambio el foco grueso es utilizado cuando se requiere menor tiempo de exposición y mayores niveles de intensidad, (400mA a 600mA) a su vez la resolución de la imagen disminuye. pero aumenta la disipación de calor como se observa en la siguiente figura. (Antonio & Pedro, 2010).

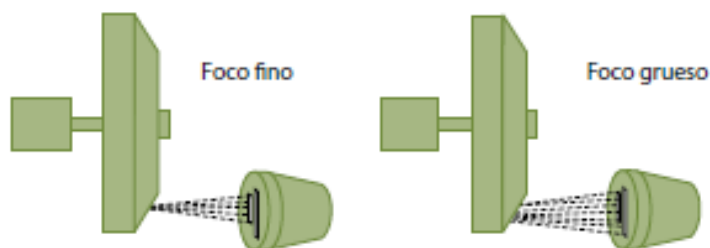


Figura 13. Foco fino y foco grueso del ánodo. Fuente tomado de (Antonio & Pedro, 2010).

Como se puede observar en la figura 14, el área del punto focal real debe de ser mayor que el área de punto focal efectivo, esto se logra con la inclinación del ánodo, (también llamado ángulo anódico y su valor oscila entre 5° y 15°) con esto se logra mejorar la calidad de la imagen debido a que el proyectil de fotones incidentes se consoliden en un blanco o diana de mayor área de modo que el calor no se concentre en un punto específico del blanco, además la proyección del punto focal efectivo se reduce logrando tener una mejor resolución de la imagen radiográfica (Antonio & Pedro, 2010).

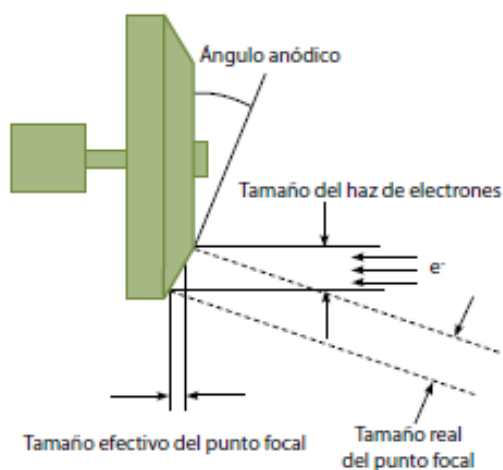


Figura 14. Impacto geométrico para el foco efectivo. Fuente tomado de (Antonio & Pedro, 2010).

Control de parámetros de Intensidad y tensión para la generación de rayos x

Intensidad de filamento: El control de la intensidad del filamento, ajusta la intensidad del tubo de rayos x, cuando el sistema de imagenología se ejecuta, una mínima intensidad recorre el filamento, la cual hace que el filamento se caliente y esté listo para la generación de rayos x, pero con intensidades pequeñas en el filamento no se obtiene la temperatura requerida para la emisión termoiónica, de modo que cuando la intensidad del filamento es capaz de producir la emisión termoiónica, cualquier cambio de intensidad en el filamento produce un cambio significativo de la intensidad del tubo de rayos x, pero la relación entre intensidad de filamento e intensidad del tubo de rayos x depende del diferencial de potencial, como se muestra en la siguiente figura (Bushong, 2010).

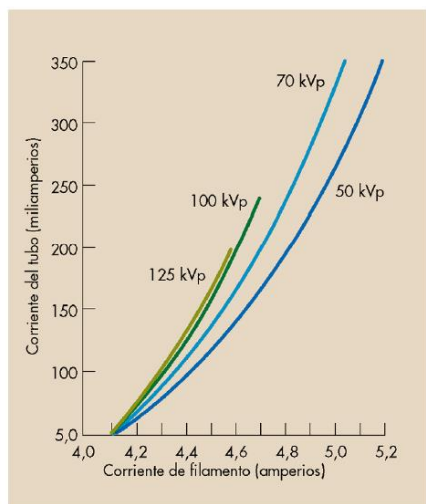


Figura 15. Relación de intensidad de tubo de rayos x contra intensidad del filamento controlada por un diferencial de potencial aplicado en el tubo de rayos x. Fuente tomado de (Bushong, 2010).

La nube de electrones creada sobre el filamento espera que los electrones sean acelerados hacia el ánodo por medio de un diferencial de potencial, a esta nube de electrones se le conoce como la carga espacial la cual detiene una emisión de electrones debido por la repulsión electrostática de modo que es limitada la generación de rayos x con niveles de intensidad mayores a 1000 mA.

Corriente de saturación: Esta se presenta cuando se incrementa el diferencial de potencial a un valor máximo en tubo de rayos x y no se observa un cambio en la intensidad del tubo debido a que ya se usaron todos los electrones generados por el filamento, la corriente de saturación no se alcanza con niveles pequeños de kVp debido a la carga espacial, de modo que cuando se utiliza el tubo de rayos x con la intensidad de saturación o corriente de saturación se dice que es una emisión limitada de rayos x. F (Bushong, 2010).

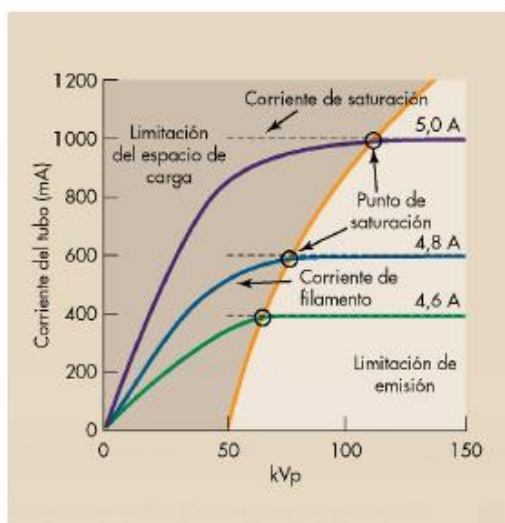


Figura 16. Intensidad vs voltaje del tubo de rayos x. Fuente tomado de (Bushong, 2010).

Generación de rayos x.

Comprendido todo lo anterior a continuación, se expone de forma sencilla la creación del fenómeno físico de la generación de rayos x.

Se muestra una ilustración básica del equipo de rayos x, (figura 18) para recapitular, anteriormente se dio a entender que la ampolla se ubica dentro de un blindaje plomado con el fin de evitar la dispersión de rayos x, que el tubo de rayos x tiene mecanismos que actúan en la disipación de calor, como lo es la implementación de un ánodo que gira por medio de un motor de inducción, que el ánodo se encuentra en un vacío electrónico para que no existan moléculas de cualquier gas que provoque interferencia en la trayectoria del electrones incidentes en el ánodo, se observa en la figura 17 que el blindaje y la cámara de vacío tiene una ventana por donde se desea que el haz de rayos x se emitan y que la zona de radiación x se ajusta por un sistema de colimación que se ubica en la ventana del blindaje.

La generación de rayos x inicia con la aplicación de una intensidad alta en el filamento, lo que provocará una acumulación o fijación de electrones en el filamento, y a su vez se enciende el mecanismo de giro del ánodo, (aproximadamente a una velocidad de 3.6k rpm) el ánodo es fabricado de un material con alto número atómico (muy denso) para causar un frenado brusco o desaceleración en los electrones incidentes para que se produzca un efecto de ionización, solo queda realizar la provocación o excitación de los electrones fijados en el filamento, para que se desprendan del filamento y se dirijan al ánodo giratorio que está cargado positivamente, para ello es necesario aplicar una alta cantidad de diferencial de tensión (normalmente superior a los 30k eV) en los terminales del tubo de rayos x, que es suministrada por un transformador de alta

tensión, lo que producirá inmediatamente la excitación de los electrones que se desprenden con alta velocidad del filamento en trayectoria hacia el ánodo giratorio el cual será golpeado bruscamente por los electrones, dando como resultado una brusca desaceleración de los mismos (radiación de frenado) los electrones incidentes de alta energía golpearán parte del ánodo desprendiendo energía en forma de fotones con una frecuencia correspondiente a la de los rayos x en dirección a la cámara de la coraza y el sistema de colimación.

El 98% de la energía producida en el tubo de rayos x se presenta en forma de calor y solo el 2% la energía producida se convierte en rayos x, por ende, es fundamental la disipación de calor en este proceso implementando el giro del ánodo y aceites dentro de la coraza.

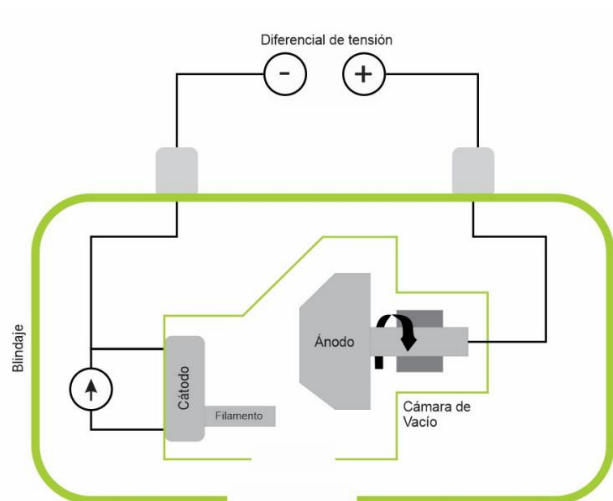


Figura 17. Esquema básico del generador de rayos X

Equipo de rayos x fijo.

Un equipo de rayos x fijo se ilustra en la siguiente figura y está conformado por una serie de partes fundamentales como: El tubo de rayos x, consola de control, mesa de rayos x, dos Buckys,

(el Bucky mural, y otro Bucky ubicado debajo de la mesa de rayos x) la columna de sostenimiento colimador y generador (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

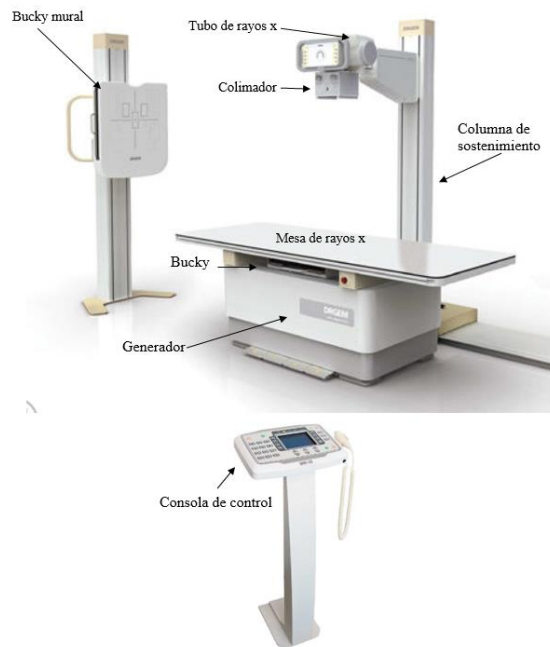


Figura 18. Equipo de rayos x fijo, partes fundamentales

Partes fundamentales del equipo de rayos x fijo.

A continuación, una breve explicación de las partes fundamentales en un equipo de rayos x móvil o portátil.

Tubo de rayos x: Al inicio de la sección se explica sus componentes y función, en resumen, es la parte del equipo de rayos x en donde se producen los rayos x.

Colimador: Con el colimador el operador de rayos x podrá tener la zona referencia del haz útil o el área de radiación por medio de una lámpara incandescente que incorpora y podrá graduar la zona de radiación dependiendo del estudio anatómico que se requiera. (Soto, 2018)

Columna de sostenimiento: Es la encargada de sostener el tubo de rayos x y el colimador, permite la movilidad (mediante frenos electromagnéticos) vertical, horizontal y angular del tubo de rayos x y sistema de colimación (Soto, 2018).

Mesa de rayos x: La mesa de rayos x, se utiliza cuando se requieren estudios en donde el paciente deba estar en una posición de reposo, algunas son fijas y otras pueden tener un mecanismo de giro (mediante frenos electromagnéticos) y debajo de la mesa se ubica un Bucky, esta mesa generalmente es fabricada de fibra de carbono debido a que son fuertes y contribuye a una disminución de dosis del paciente (Bushong, 2010).

Bucky: Generalmente en esta clase de equipos existen dos Bucky, uno ubicado debajo de la mesa de rayos x, y otro que se sostiene en una estructura vertical la cual un mecanismo movilidad (mediante freno electromagnético) a este se le denomina Bucky mural, es chasis que en su interior permite la introducción de una película radiográfica (Soto, 2018).

Generador: Este equipo consta de un generador de alta tensión, que se ubica normalmente en un gabinete debajo de la mesa de rayos x, en donde se conforma la mayor parte electrónica del equipo (Soto, 2018).

Consola de control: Comúnmente funcionan con la técnica de dos puntos (selección de kVp y mAs) no tienen la opción de seleccionar los mA y el tiempo de exposición de forma individual sino de forma apareada se selecciona como mAs, algunos modelos permiten la selección independiente de estos parámetros por medio de la técnica de los 3 puntos (Soto, 2018).

Sistema Electrónico de un equipo de rayos x fijo.

Para comprender adecuadamente la composición y función electrónica de un equipo de rayos x, se divide esta parte en dos componentes, el generador de alto voltaje y la consola de control (Bushong, 2010).

Consola de control.

Generalmente los sistemas de rayos x utilizan tensiones de (25-150) keV e intensidades de (0.1 A-1.2 A) en la siguiente figura se observa el circuito simplificado de una consola de control que se ira explicando brevemente.

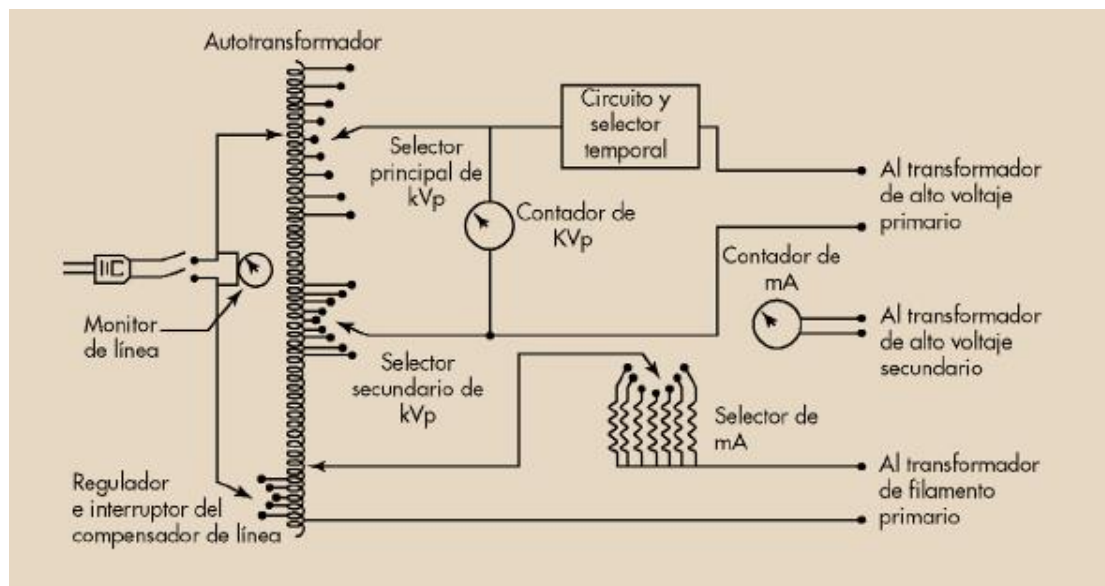


Figura 19. Circuito eléctrico de la consola de control. Fuente tomada de (Bushong, 2010).

Compensador de línea: Un equipo de rayos x es fabricado para trabajar con un voltaje de alimentación de 220V, pero debido a una variación de la tensión (+-5%) suministrada por la empresa de distribución eléctrica, se hace necesario la introducción de un compensador de línea, para ajustar la tensión de entrada a 220V.

Autotransformador: La energía aplicada al sistema de rayos x, es conducida inicialmente hacia un autotransformador, (elemento que transforma la energía) El cual tiene como función, modificar la tensión que sale del autotransformador, la cual se controlada por medio de un selector antes de llegar al transformador de alta tensión (Bushong, 2010).

El autotransformador (figura 20) funciona mediante el principio de la inducción electromagnética, este es compuesto de un espiral con varias conexiones y un núcleo, las conexiones antes del espiral se denominan conexiones primarias (A y A') y las demás conexiones secundarias, los voltajes en las conexiones secundarias que se encuentren más cerca a

Contador de kVp: También llamado contador pre-lector debido que monitorice el voltaje antes de la exposición, ubicado en los terminales de salida del autotransformador, el contador de kVp permite que el operador de rayos x, ajuste el valor de kVp que desea para su estudio (Bushong, 2010).

Control de mA: La intensidad presente en el tubo de rayos x desde el ánodo al cátodo se mide en mA, la temperatura del filamento es proporcional a la intensidad en el filamento y esta se mide en A (AC) debido a la temperatura del filamento se determina el número de electrones emitidos por el filamento, es normal que la intensidad en el filamento sea entre (3A y 6A)

La intensidad del tubo de rayos x, es controlada por medio de un circuito (figura 21) el autotransformador provee tensión al circuito, el selector mA podrá ajustarse a varias resistencias de precisión las cuales ajustan la tensión para que corresponda a un mA seleccionado por el operador.

La intensidad del tubo de rayos x se monitoriza mediante un contador (figura 21B) ubicado en el circuito del tubo, en el centro de la espiral secundaria del transformador reductor de alto voltaje el transformador se mantiene en balance por lo que el espiral del centro su tensión es de 0V, lo que permite su fácil posición en la consola de control.

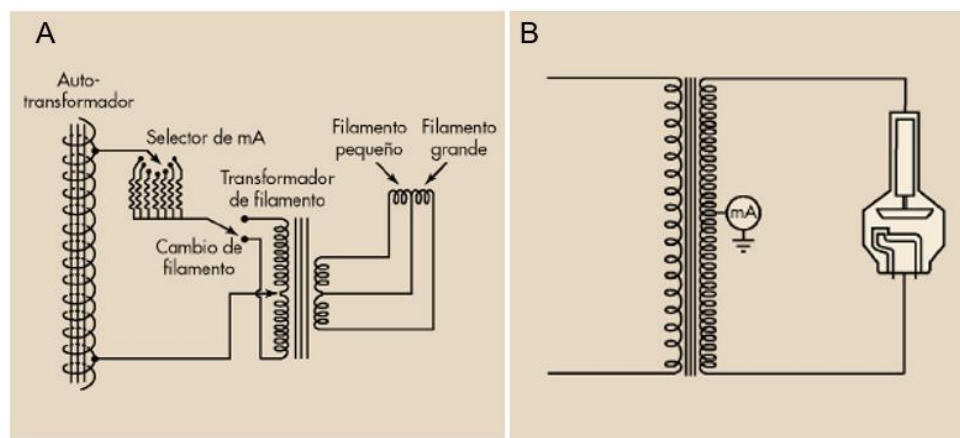


Figura 21. A. Esquema eléctrico del filamento, B. Medidor de mA. Fuente Tomado de (Bushong, 2010).

Transformador del filamento: Este reduce la tensión aproximadamente a 12V, y aporta la intensidad para requiere el filamento, es decir las espirales primarias llevan intensidades de 0.5 a 1 A y 150V, las espirales secundarias reducen el voltaje a 12 V, pero aumentan la corriente entre (5A y 8A).

Generador de alto voltaje.

Es el encargado de aumentar la potencia de la salida del autotransformador al kVp necesaria para la producción de rayos x, este generador consta de tres elementos que son: el transformador de alta tensión, diodos sumergidos en aceite y el transformador del filamento.

Para reducir el calor producido en la sección de alta tensión, este es conducido por un aceite, pero su rol fundamental es actuar aislante térmico, en la siguiente figura se muestra una sección de un generador de alto voltaje. (Bushong, 2010).

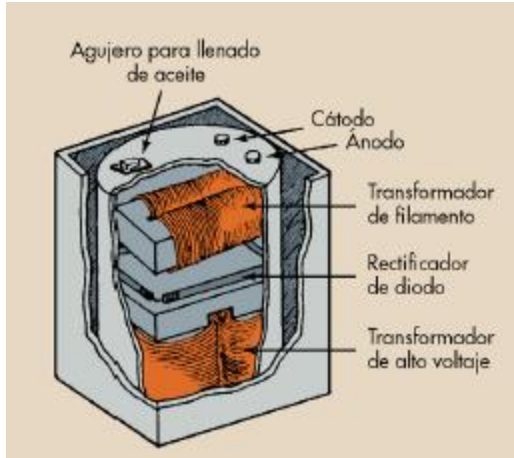


Figura 22. Sección de un generador de alto voltaje. Fuente tomado de (Bushong, 2010).

Transformador de alto voltaje: Es un transformador de paso alta normalmente con una relación de espiras de 500:1 y 1000:1, la tensión primaria se mide en voltios (entre 100V a 400V) la tensión en el secundario se mide en kVp, la intensidad primaria en A y la secundaria en mA.

Rectificación de tensión: El tubo de rayos x requiere de corriente continua, por lo que se necesita de un circuito llamado “rectificador” el cual convertirá la señal alterna que sale de la espiral secundaria del transformador de alta tensión, en una señal continua, lo que garantiza que el movimiento de electrones fluya en el tubo de rayos x de cátodo a ánodo.

Para el circuito de rectificación, se compone de una configuración de diodos (dispositivo semiconductor de capa con unión p-n, los cuales solo admite el paso de la corriente en una sola dirección). En la siguiente figura se muestra la implementación de un rectificador en la parte de alta tensión.

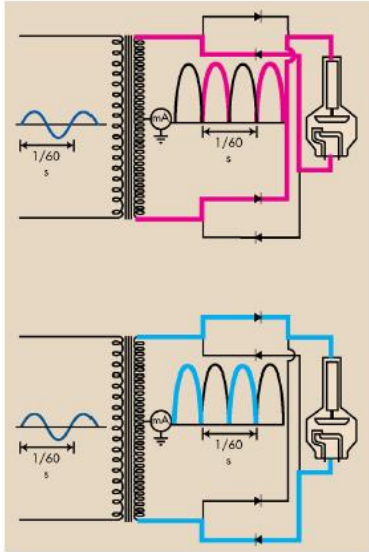


Figura 23. Rectificador de onda completa. Fuente tomada de (Bushong, 2010).

Esquema electrónico del equipo de rayos x.

El esquema eléctrico general de un equipo de rayos x (figura 24) se conforma en dos importantes tres partes fundamentales explicadas en las secciones anteriores que son: La consola de control, sección de alta tensión y tubo de rayos x (Bushong, 2010).

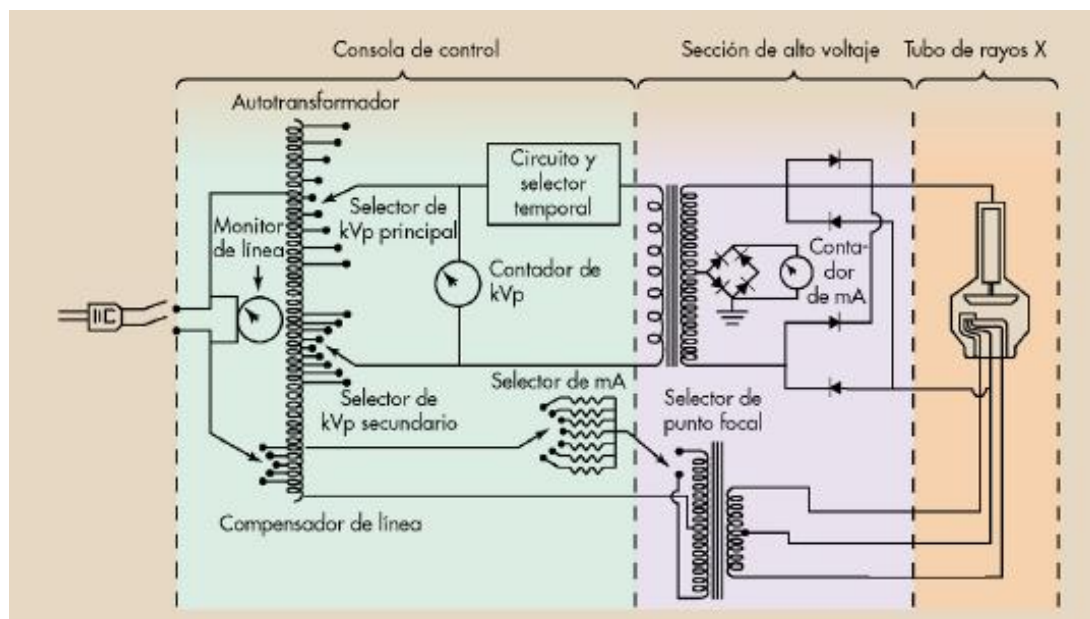


Figura 24. Esquema eléctrico general de un equipo de rayos x. Fuente Tomado de (Bushong, 2010).

Equipo de rayos x portátil.

Un equipo de rayos x móvil se muestra en la siguiente figura, son utilizados generalmente en pacientes con difícil situación de salud con imposibilidad de movilización, estos equipos normalmente cuentan con sistema integrado de imagen y pantalla táctil (Jornell, 2011).

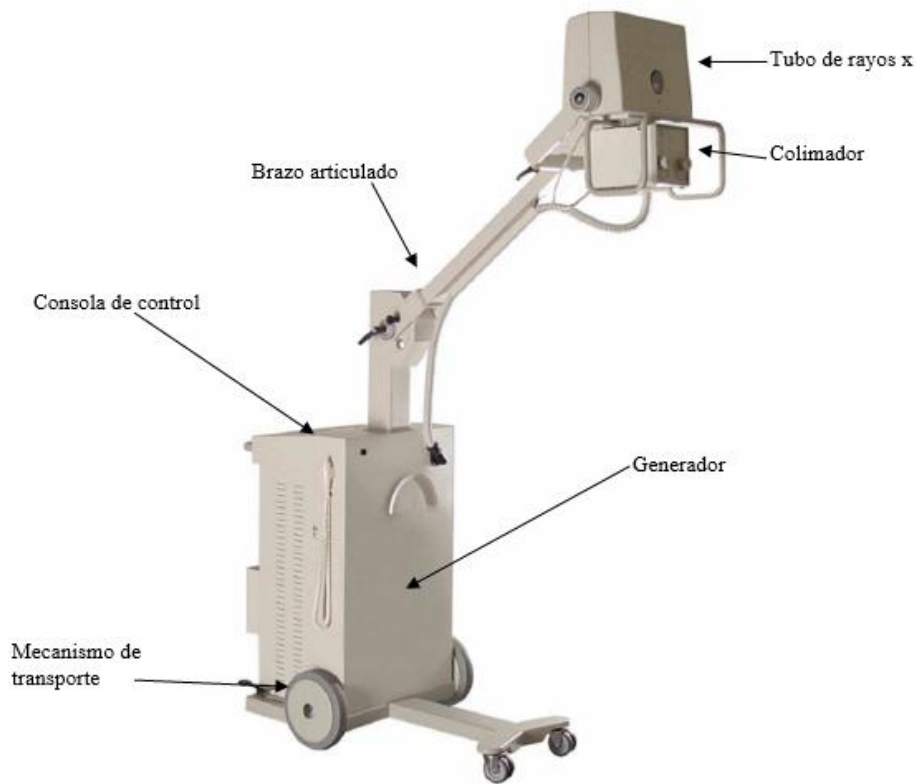


Figura 25. Equipo de rayos x móvil. Fuente tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).

Partes fundamentales equipo de rayos x portátil.

A continuación, una breve explicación de las partes fundamentales en un equipo de rayos x móvil o portátil (Jornell, 2011).

Tubo de rayos x: El cual se ha explicado sus componentes y función al inicio de esta sección, en esta clase de equipo el tubo se encuentra ajustado a un soporte el cual da facilidad de movimiento por medio de unas agarraderas (Jornell, 2011).

Generador: Este equipo consta de un generador a baterías, por lo tanto, no requieren conexión a la red para su disparo, generalmente disponen de 10-16 baterías, y solo necesitan conexión a la red para la carga de las mismas, su proceso de carga se completa en 8 horas, además mediante un indicador led comunica el estado del banco de baterías, además este incorpora un módulo inversor para proveer la energía que necesita el transformador de alta tensión (Jornell, 2011).

Brazo articulado: Mecanismo el cual conecta la parte inferior (consola de control y generador) del equipo con la parte superior (colimador y tubo de rayos x) y es el que permite ajustar o maniobrar en cualquier dirección el tubo de rayos (Jornell, 2011).

Colimador: Con el colimador el operador de rayos x podrá tener la zona referencia del haz útil o el área de radiación por medio de una lámpara incandescente que incorpora y podrá graduar la zona de radiación dependiendo del estudio anatómico que se requiera.

Sistema de transporte: Los equipos de rayos portátil incorporan unas ruedas motorizadas (con un sistema de baterías que debe cargarse) además tiene un sistema de frenos situado en el chasis delantero que facilitan el traslado del equipo (Jornell, 2011).

Consola de control de parámetros de disparo: En los equipos modernos se implementan paneles con pantallas táctiles que comúnmente funcionan con la técnica de dos puntos (selección de kVp y mAs) no tienen la opción de seleccionar los mA y el tiempo de exposición de forma individual sino de forma apareada se selecciona como mAs, algunos modelos permiten la selección independiente de estos parámetros por medio de la técnica de los 3 puntos.



Figura 26. Consola de control y zona de recepción de imagen del tubo de rayos x portátil.
Fuente tomado de (Jornell, 2011).

Receptor: El receptor incorpora una bandeja y dentro un chasis al cual se le incorporan las películas radiográficas (tecnología radiológica convencional) o este puede incorporar una pantalla con placas fluorescentes que escanean la imagen radiológica (tecnología de radiología digital).

Sistema Electrónico de un equipo de rayos x portátil.

La composición electrónica de un equipo de rayos portátil parte de los mismos principios, con diferencia en el generador de alto voltaje, el cual se describe a continuación. (Bushong, 2010).

Generador de alta frecuencia.

El generador de alta frecuencia se implementó por primera vez en equipos de imagenología portátiles, para la generación de tensión utilizando alta frecuencia, se hace necesario utilizar un circuito inversor, (figura 33) un circuito inversor realiza la conversión de corriente continua en

alterna (convirtiendo la corriente continua en alterna por medio de interruptores de alta velocidad (choppers) en sucesiones de pulsos) (Bushong, 2010).

Los generadores de alto voltaje en un equipo portátil están equipados de baterías y rectificadores (SCR) capaces de trabajar en altas frecuencias, una diferencia importante es que este generador incorpora un módulo inversor.

También se cuenta con la ventaja de que estos equipos portátiles son más económicos, pequeños y más eficientes (debido a que la tensión con menor factor de rizo mejora la calidad de la radiación y cantidad) que los generadores de alto voltaje de 60Hz.

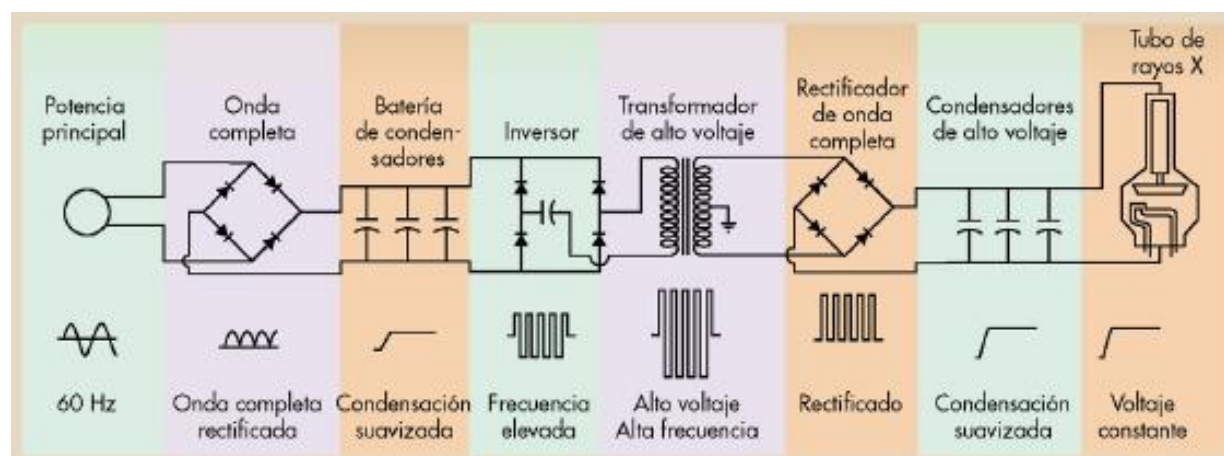


Figura 27. Esquema eléctrico de un inversor de un generador de alto voltaje. Fuente tomado de (Bushong, 2010).

Generador de descarga del condensador.

Ciertos equipos de rayos x portátiles implementan un generador de alta tensión, que funciona mediante la carga de SCR de tensión DC de una batería, la tensión se almacena con una alta

carga, cuando se realiza la exposición la carga se libera para proveer la intensidad requerida para la generación de rayos x (Bushong, 2010).

2.3 Marco legal.

A continuación, se presentan las bases legales colombianas vigentes las cuales son lineamientos que la empresa prestadora del servicio de salud tiene por compromiso acompañar y fundamentar en toda actividad de instalación, manipulación y adquisición de equipos de rayos x.

El ministerio de salud establece mediante la resolución número 9031 de 1990 del 12 de julio, normas y procedimientos relacionados con la operación y funcionamiento de equipos de rayos x (Ministerio de salud, 1990).

Norma ISO 4037, especifica las características y métodos de referencia de radiación para calibrar dosímetros y medidores de tasa de dosis y clasifica las emisiones de radiación en un rango de 8keV a 330keV (ISO, 2021).

En el decreto 614 de 1984, se pautan las bases de organización y administración de salud ocupacional del país y el artículo 2 literal e, alude a la necesidad de protección de los trabajadores en contra de radiaciones ionizantes (Ministerio de salud, 1984).

La resolución 9031 de 1990 enmarca requisitos para la licencia de equipos de rayos x y emisores de radiación ionizante (Ministerio de salud, 1990).

El decreto 4725 del 2005 del ministerio de la protección social, especifica el proceso y condiciones que deben cumplir los prestadores del servicio de salud para obtener un permiso de comercialización y vigilancia de los dispositivos médicos (Ministerio de protección social, 2005).

Establece también una clasificación de dispositivos biomédicos, el equipo de rayos x se clasifica en un riesgo de IIb, el cual según (Orozco & Riascos, 2019) dice “Son dispositivos médicos de alto riesgo, los cuales al ser diseñados y fabricados se deben tener en cuenta controles especiales con el fin de dar seguridad y efectividad” (Ministerio de protección social, 2005).

La resolución 1441 del 2013 fija los parámetros que se deben cumplir para prestar los servicios de salud y habilitarlos (Ministerio de salud, 2013).

Resolución 2003 del 2014, por la cual el ministerio de protección social junto al ministerio de salud, concreta procedimientos de inscripción de prestadores de servicios de salud y habilitación del servicio (Ministerio de salud y protección social, 2014).

Norma NTC 2050, la cual es el código eléctrico colombiano, en donde se puntualiza los procedimientos eléctricos para el diseño y habilitación de instalaciones eléctricas (INCOTEC, 2008).

Dentro de un contexto internacional existe la norma IEC (La Comisión Electrotécnica Internacional) 60601, la cual busca reducir los riesgos del paciente, operador y entorno, además

busca el adecuado funcionamiento de los equipos médicos concretamente los dispositivos de rayos x. Además, la norma IEC 60601-1:2005, especifica en la parte 1, los requisitos de seguridad y funcionamiento básico de equipos biomédicos (Comisión electrotécnica internacional, 2012).

La IEC 60336 define las características del foco electrónico del tubo de rayos x (International Electrotechnical Commission, 2005).

2.4 Marco contextual

Información de la empresa

VHM Ingeniería S.A.S. es una compañía dedicada a la prestación de servicios profesionales en área Industrial, Biomédica, Informática y Tecnologías de innovación, ofreciendo una amplia gama de productos y servicios dedicados al mejoramiento de la productividad y la calidad de los procesos de cada mercado.

A través de la venta de insumos, repuestos y dispositivos, incursiona en la implementación de nuevas tecnologías, con una trayectoria de más de 4 años, desarrollando alianzas y herramientas orientadas a garantizar la confiabilidad de los parámetros estipulados por los fabricantes.

Misión: Es la generación de soluciones soportadas por las más modernas tecnologías, que contribuyen a la mejora global de los procesos ofreciendo herramientas basadas en la personalización de las necesidades en el sector Industrial, Salud y Educativo

3. Diseño metodológico

El siguiente diseño metodológico se realizó basado en la guía para la elaboración de proyectos de investigación contemplada en Arias, (2012) y las normas del presente documento se enfocan en Universidad de la Castilla- La Mancha, (2018)

3.1 Tipo de investigación

Este proyecto se soporta por medio de una investigación descriptiva o diagnóstica, ya que consiste principalmente en caracterizar una situación concreta indicando sus particularidades y dando respuesta a interrogantes como: ¿Qué es?, ¿Cómo es? y ¿Dónde está?, según (Arias, 2012).

Con base en lo anterior este proyecto se enfatizó en las principales fallas de los equipos de imagenología a cargo de la empresa VHM INGENIERÍA S.A.S en donde se ejecutó un diagnóstico del ¿Por qué se presentan las fallas?, ¿Cómo evitarlas?,¿Cómo afecta y en donde afecta al equipo? Y ¿Cuánto tiempo puede durar un equipo de rayos x en presentar una siguiente falla después de un mantenimiento preventivo o correctivo?

3.2 Diseño de investigación.

Esta investigación se define por el origen de los datos, en este caso se basa en datos secundarios y por lo tanto lleva a cabo un estudio documental. (Arias, 2012).

3.3 Actividades y metodología

Para la ejecución de las actividades, se realizaron durante 4 meses mediante tareas secuenciales de forma que cumplieran satisfactoriamente los objetivos.

✓ Identificación de la información relevante sobre el funcionamiento y estructura de los equipos de rayos x portátil y fijo.

Metodología: El arqueo de información se realizó por medio de fuentes secundarias, como lo son: los antecedentes, manual de fabricante, material bibliográfico, normas y leyes nacionales.

✓ Diagnosticar el actual estado de los equipos de rayos x de tipo portátil y fijo a cargo de la empresa VHM INGENIERÍA S.A.S.

Metodología: Mediante la comunicación directa con la empresa se realiza un inventario de la cantidad de equipos de tipo portátil y fijo disponibles para la ejecución de las actividades de mantenimientos correctivos y preventivos.

Una vez obtenidos los mínimos requerimientos para la gestión como: características de cada equipo, estructura electrónica y funcionamiento, por medio de los manuales de fabricante y material bibliográfico, además el historial de mantenimiento aportado por la empresa y seguridades para su inspección (conocimiento pleno de los equipos) se realiza la inspección cada equipo para conocer su estado y dar un reporte a la empresa.

Durante la ejecución de toda labor de mantenimiento e inspección de cada equipo se documenta con detalle los pasos a seguir para realizar de forma efectiva y segura toda labor de mantenimiento, además se adjuntó material en donde se especifica cómo detectar y evitar de forma eficaz las diferentes fallas que pueden emerger de un dispositivo de imagenología.

a) Actualizar Establecer fichas técnicas e instructivos de los equipos de rayos x de tipo portátil y fijo utilizados en los hospitales de Norte de Santander a los cuales VHM Ingeniería S.A.S les presta soporte técnico.

Metodología: Estudiar diferentes formatos de mantenimiento de la empresa, si existen y explorar gestiones alternativas que aportan algunos de los referentes, en base a ello y a lo estudiado se diseña una guía instructiva la cual contempla todos los pasos necesarios ya detallados para identificar, prevenir o reparar cierta falla en específico, con el fin de proporcionar una mejora en la gestión de los mantenimientos en los equipos de rayos x.

✓ Obtener la capacidad de realizar una socialización o capacitación sobre el manejo y uso de la guía instructiva al personal biomédico de la empresa encargados de los mantenimientos de los equipos de rayos x.

Metodología: Mediante una reunión, se capacita al personal de la empresa del cómo se ejecuta las labores de mantenimiento en los equipos de rayos x, informando como se debe comprender y ejecutar las nuevas guías de manteamiento diseñadas durante la ejecución del presente proyecto.

Inventario de equipos de imagenología en VHM ingeniería S.A.S.

Actualmente la empresa VHM ingeniería S.A.S tiene a cargo los siguientes equipos de rayos x de tipo fijo y portátil.

Tabla 1. Inventario de equipos de rayos x en VHM ingeniería S.A.S.

Cantidad	Equipo	Marca	Ubicación
1	Rayos x fijo	TXR 425	E.S.E Regional Norte Sardinata
1	Rayos x portátil	Villa System Visitor T30	E.S.E Regional Norte Tibú

4. Gestión de mantenimiento de la empresa

El personal de mantenimiento de los equipos de rayos x fijo y portátil de la empresa VHM ingeniería S.A.S, se guiaba por una única rutina de mantenimiento para estos equipos la cual se muestra en la figura 28.

Este proyecto da una propuesta para fijar una nueva una rutina de mantenimiento independiente para cada equipo de rayos x (portátil y fijo) con el fin de tener una rutina más detallada y completa (componentes a verificar y frecuencia de acciones preventivas) para que el equipo se mantenga en correcto funcionamiento, en caso de que el personal de mantenimiento no se encuentre correctamente capacitado para llevar a cabo las actividades, deberá leer la guía descriptiva adjunta en este proyecto en donde se expone a detalle el procedimiento para la verificación y garantía del buen estado del equipo/componente de rayos x.


 VHM Ingeniería	VHM INGENIERÍA S.A.S MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO BIOMÉDICOS		CÓDIGO:	F-MPEB-012
			VERSIÓN	V-001
			PÁGINA:	1 de 1
EQUIPO RX				
MARCA:		CENTRO DE SALUD:		
MODELO:				
SERIE:		ÁREA:		
INVENTARIO EQUIPO:		UBICACIÓN:		
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO:				
ACTIVIDADES:		REALIZADO	NO APLICA	
Inspección de condiciones del entorno (Voltaje de red, humedad, vibraciones mecánicas, temperatura, etc)				
Inspección de condiciones físicas del equipo (Cable de red, cableado, carcasa, partes metálicas, tornillería, etc)				
Inspección del movimiento del tablero de mesa				
Inspección de guías de columna y bucky mural				
Lubricar movimiento de mesa, bucky y columna				
Inspección de infrarrojos de mesa				
Inspección de electrofrenos de columna y mesa				
Inspección del colimador haz de luz con respecto al haz rx				
Inspección de fin de curso movimiento de mesa y columna				
Inspección de la referencia del centrado de la mesa				
Mantenimiento de tarjetas electrónicas				
Limpieza integral del equipo				
REPUESTOS Y/O INSUMOS USADOS:	UNIDAD	REPUESTO/INSUMO		
OBSERVACIONES GENERALES:				
FECHA DE REALIZACIÓN:				
REALIZÓ:		APROBÓ:		

Figura 28. Rutina de mantenimiento de equipos de rayos x de la empresa VHM ingeniería S.A.S antes del trabajo dirigido. Fuente Tomada de documentación privada de la empresa VHM ingeniería S.A.S

Mantenimiento preventivo y correctivo del equipo de rayos x fijo txr tingle.

Mediante un previo análisis del manual (Systems, TXR Tingle medical, 2008) y con ayuda de la experiencia del personal de la empresa, se expone un plan de mantenimiento preventivo trimestral clasificado y detallado.

Antes de iniciar el mantenimiento preventivo se recomienda verificar que el equipo este desconectado a la red y realizar la desinfección del equipo, esto aplica para el equipo de rayos x fijo y portátil,

La desinfección se debe realizar frotando suavemente el equipo en su parte externa con un paño suave y un poco de alcohol.

Calibración, verificación de parámetros de potencia.

Para esta ocasión se utiliza un equipo patrón marca FLUKE, modelo TNT 12000D (figura 28) este equipo está compuesto por un detector de rayos X como accesorio para la calibración y test del equipo, el cual tiene tres tipos de pruebas (DOSE, MAMMO, RAD) de las cuales teniendo en cuenta el modelo y funcionamiento de las unidades de radiología se usa el modo RAD ya que es el encargado de evaluar los parámetros de potencia y msec (Fluke Biomedical, 2011).

El TNT 12000 se ha diseñado para que se pueda instalar y comenzar a utilizar rápidamente y para aumentar la productividad y reducir el número de errores, especialmente durante mediciones repetitivas de los resultados del sistema de rayos X y análisis rutinarios.

El sistema TNT 12000 consta de un detector inalámbrico y una pantalla de mano. Todos los valores medidos se muestran inmediatamente después de tomar una exposición.

Tanto el sistema TNT 12000 como el TNT 12000WD utilizan un protocolo de comunicaciones inalámbrico ZigBee™ para las comunicaciones entre el detector y la pantalla o el equipo portátil. La matriz de sensores de estado sólido del TNT 12000 mide kV, dosis, índice de dosificación, el espesor hemirreductor (EHR) y el tiempo de exposición en todos los rangos radiográficos de diagnóstico radiológico, fluoroscópico, mamográfico y dental.

Todos los valores medidos se muestran inmediatamente después de cada exposición, por lo que no es necesario seleccionar ningún valor con anterioridad. Esta función elimina uno de los pasos habituales de la rutina de medición.



Figura 29. Equipo Patrón Fluke TNT 12000D. Imagen 2. Detector X-Ray Test TNT 12000WD).

Procedimiento para realizar la calibración del equipo.

a) Encienda el detector y la pantalla. La pantalla buscará el detector y establecerá una conexión inalámbrica.

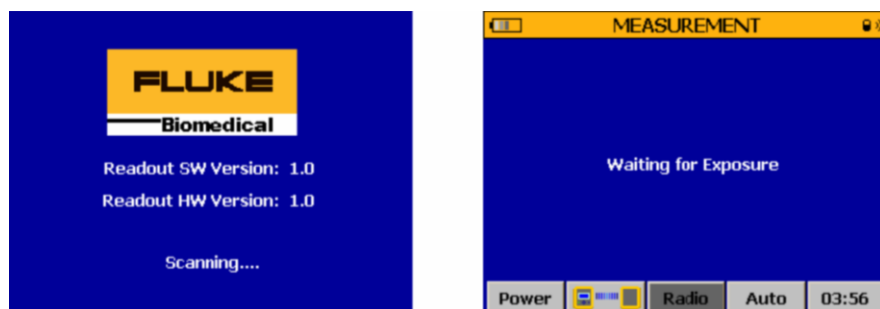


Figura 30. Encendido de equipo

a) Una vez realizada la conexión, se mostrará la pantalla de espera de exposición. Coloque el detector en la posición de medición de haz y tome una exposición. Se mostrarán todos los valores medidos.

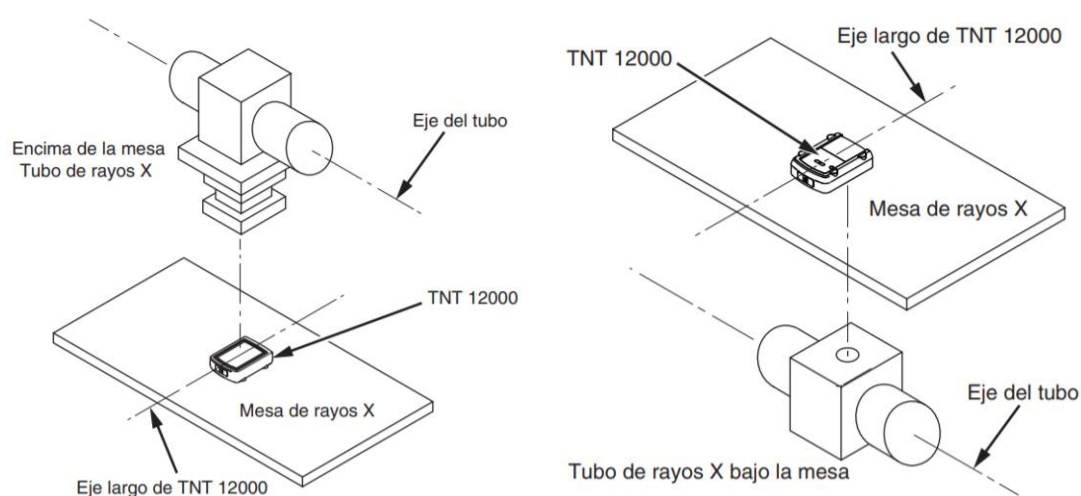


Figura 31. Posicionamiento del equipo detector. Fuente Tomada de (Fluke Biomedical, 2011)

a) Seleccione el modo Radio para comenzar a realizar la calibración del equipo, en ello observaremos la detección de kVp, kV, msec.

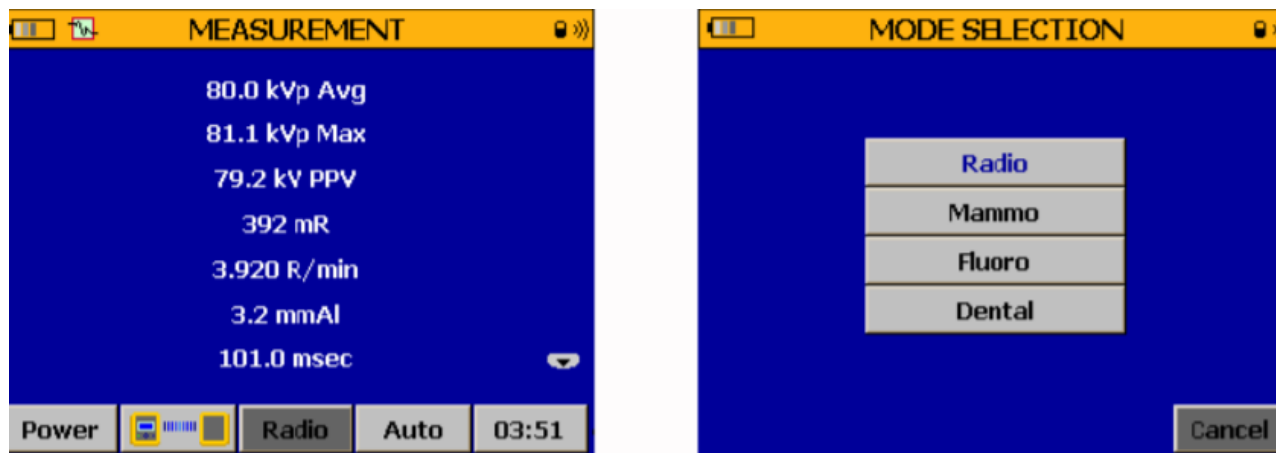


Figura 32. Modo de selección TNT 12000

b) Posicione el detector TNT 12000WD tal como se observa en la figura 34 después realice la colimación en el área seleccionada e indicada como ‘Rad’ como se muestra en la figura 31.

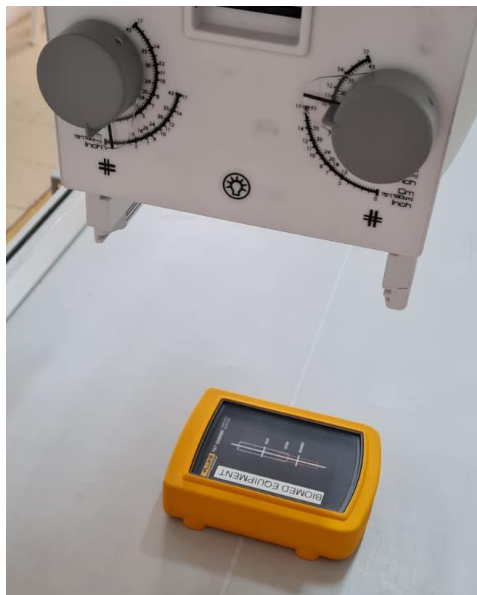


Figura 33. Colimación de disparo a detector TNT 12000WD

c) Ajuste el dispositivo de rayos x, con los valores de kV y mAs deseados para realizar la calibración y/o verificación de parámetros, se procede a tomar las correspondientes medidas de seguridad y protecciones para realizar el respectivo disparo el detector.



Figura 34. Disparo de rayos x a detector TNT12000WD

d) Al realizar el disparo con los respectivos valores previamente seleccionados se visualizará automáticamente en la pantalla del dispositivo patrón Fluke TNT 12000D un listado de valores correspondientes a la recopilación de datos obtenidos del haz de rayos X en el detector TNT 12000 WD.



Figura 35. Datos obtenidos con dispositivo Patrón. Autores, Comparación de datos de Equipo rayos x con dispositivo Patrón.

Según el análisis por medio de la calibración de los equipos de RX, se puede diferir el estado de componentes tales como transformador principal, banco de baterías y tubo de rayos X.

La verificación de parámetros por medio de una calibración con equipo patrón certificado por la ONAC, es de vital importancia para el mantenimiento y funcionamiento del equipo, de esta manera se evita sobre exposición a los pacientes, personal técnico de radiología y se logra confirmar el correcto funcionamiento del equipo.

Localización de componentes controlador principal del equipo de rayos x TXR 425.

En la figura 36, se logra ver la configuración de los componentes del módulo principal, a continuación, una imagen tomada por los autores (figura 37).

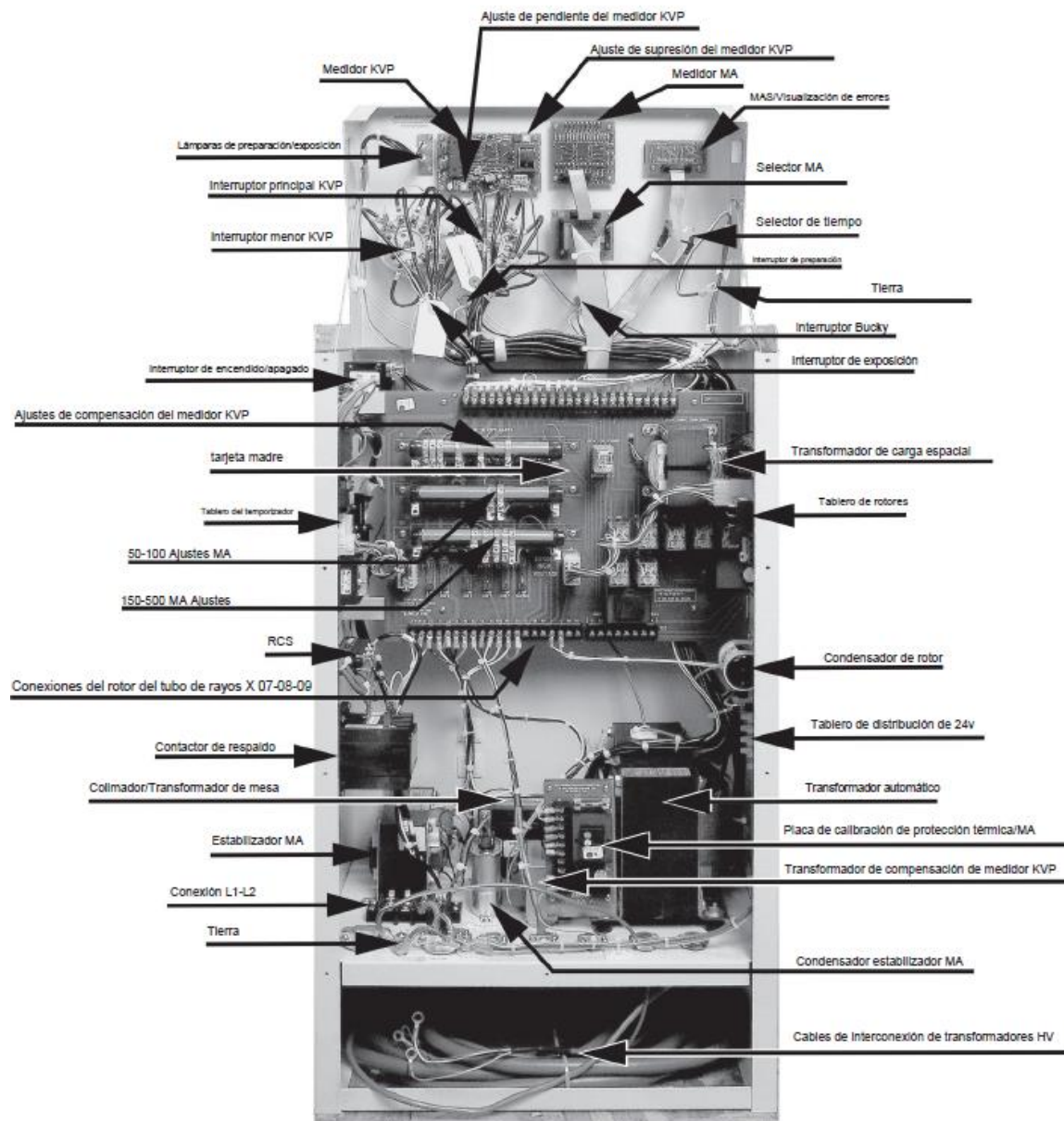


Figura 36. Localización de componentes módulo principal. Fuente Tomada de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

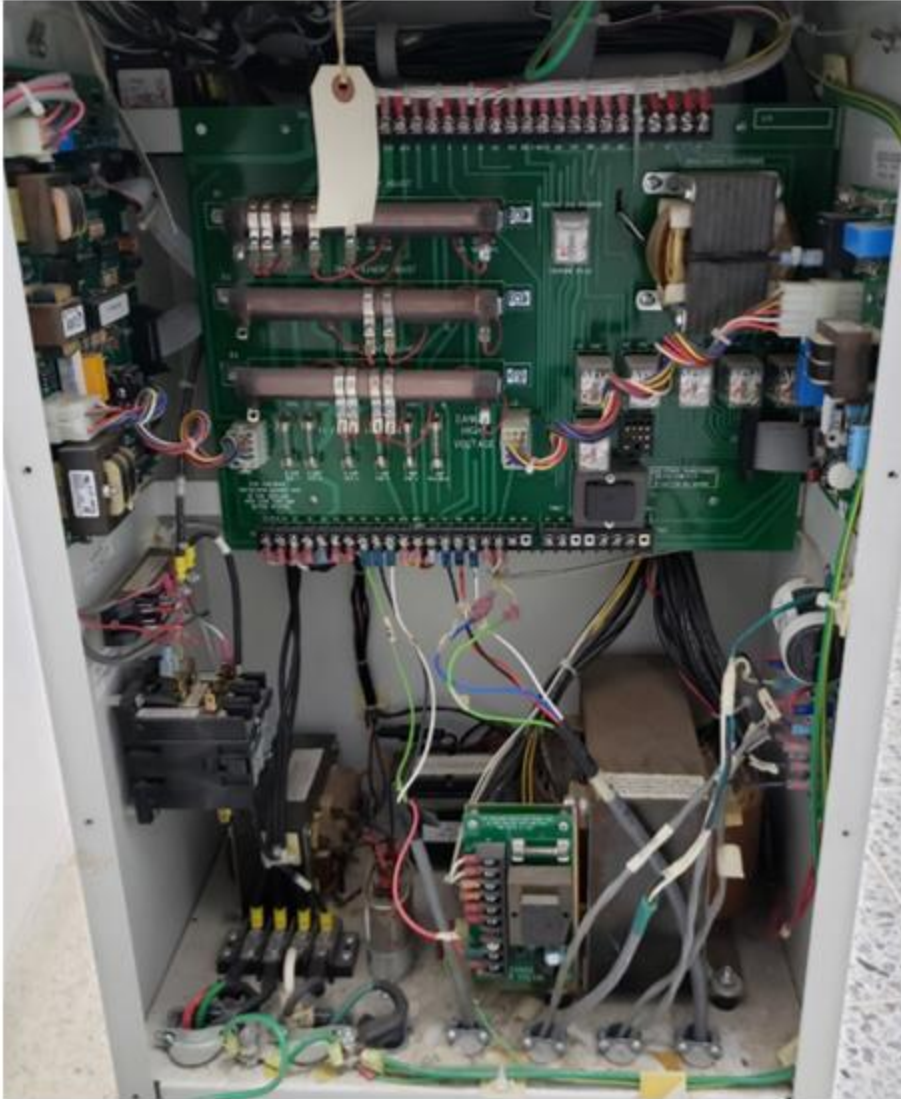


Figura 37. Módulo de control Rx TXR 425.

- e) Se debe realizar verificación de la alimentación del equipo 220v 60Hz.
- f) Revisión del estado del cableado.
- g) Prueba de voltajes de entrada y salida en cada uno de los transformadores del controlador principal: Autotransformador, transformador de carga y transformador de colimador y mesa.

h) Prueba de contactor de Backup.

i) Revisión y prueba de fusibles de ajuste Ma

j) Prueba de capacitor de rotor y voltajes de salida 24V para la activación de: Controlador de rayos x, colimador, mesa de rayos x, rotor de tubo de rayos x y Bucky mural.



Figura 38. Tarjeta de distribución 24V.

g) Revisión y prueba de interruptores menor, mayor de kVp: Prueba de continuidad entre los terminales seleccionados y verificación del estado de los conductores y su aislamiento.



Figura 39. Interruptores selección de kVp.

h) Verificación de componentes electrónicos en la tarjeta ‘ ‘ Timer Board ‘ ‘: Limpieza de tarjeta electrónica, prueba de transformadores (12 y 24) V, revisión de conductor, aislamiento y pruebas de continuidad entre terminales.



Figura 40. Timer board.

i) Prueba y revisión de Tarjeta de control Rotor de tubo rayos x, alimentación 220 VAC START, 50 VAC RUN: Limpieza de tarjeta electrónica, prueba de continuidad, verificar estado de los fusibles, realizar prueba de diodos, revisión de transformador de 12 V y estado de conductor y conectores.

El voltaje de arranque del ánodo y el condensador se establecen de fábrica en 220 VCA, 30-35 mfd. Después de un retraso de tiempo de .5 segundos se quitan 220VAC y se aplican 50VAC para mantener la velocidad del ánodo. Otros tubos pueden requerir otros voltajes y valores de condensadores. En todos los casos, consulte datos de productos de tubos de rayos X suministrados con el tubo.



Figura 41. Tarjeta de control rotor.

j) Revisión y prueba de contactor de Backup; Limpieza externa del equipo, prueba de bobina y accionamiento.



Figura 42. Contactor de Backup.

k) Prueba de transformador 24VAC de alimentación para colimador y seguros magnéticos: limpieza externa del equipo, verificación de continuidad en fusibles de entrada y salida de transformador y verificación del voltaje de salida.



Figura 43. Transformador colimador.

Transformador de 175 W con doble aislamiento para suministrar energía a la Lámpara de colimador manual y cerraduras del sistema (mesa de rayos X, soporte de tubo, soporte de pared, etc.).

Mesa transversal.

La mesa transversal consta de componentes electromecánicos para permitir su respectivo movimiento en eje horizontal (x, z).



Figura 44. Mesa Transversal

Se cuenta con un sistema de freno magnético usando transformadores 24V AC para obtener un electroimán lo suficientemente potente para mantener en la posición deseada el equipo; consta de un pedal por final de carrera para el desenclavamiento del sistema de frenos, una tarjeta auxiliar para la alimentación y protección del circuito principal en el panel de control.

k) Revisión y prueba de transformadores 24VAC.

l) Ajuste en distancia de enclavamiento de electroimán (2mm).

m) Verificación en el estado de los conductores (reemplazar si se amerita



Figura 45. Frenos Electromagnéticos.

n) Revisión y prueba de componentes electrónicos de la tarjeta auxiliar (fusible, condensador, resistencia, puente de diodos, terminales macho).

ñ) Verificación en voltaje de alimentación proveniente del panel de control 24VAC.



Figura 46. Vista trasera mesa transversal.

Al interior de la mesa transversal se puede observar el transformador HV (alto voltaje) junto con sus respectivos terminales de salidas Ánodo y Cátodo.

Al costado superior derecho de la vista trasera de la mesa, se observa una caja de distribución protegida en la cual se encontrará la tarjeta auxiliar de la Mesa, a la cual se accede retirando dos tornillos y la tapa frontal.



Figura 47. Tarjeta auxiliar mesa transversal

Sistema de freno.

El sistema de freno general (Bucky mural, colimador, mesa transversal) se efectúa por medio de transformadores a 24VAC que son convertidos en electroimanes para así lograr un frenado exitoso y resistente.



Figura 48. Sistema de frenos por Electroimán

Mantenimiento preventivo en el colimador.

El mantenimiento preventivo del sistema de colimación debe realizarse según el cronograma de mantenimientos estipulado por la entidad prestadora de servicios; esto incluye ajustes mecánicos, lubricación, garantizar condiciones de seguridad en su acople al tubo de rayos x.



Figura 49. Colimador del equipo de rayos x fijo

Para realizar el correcto desmontaje del colimador se debe retirar el tornillo de seguridad y soporte angular del equipo al eje de tubo rayos x, al igual que las dos abrazaderas ajustadas con tornillos de cabeza estrella.

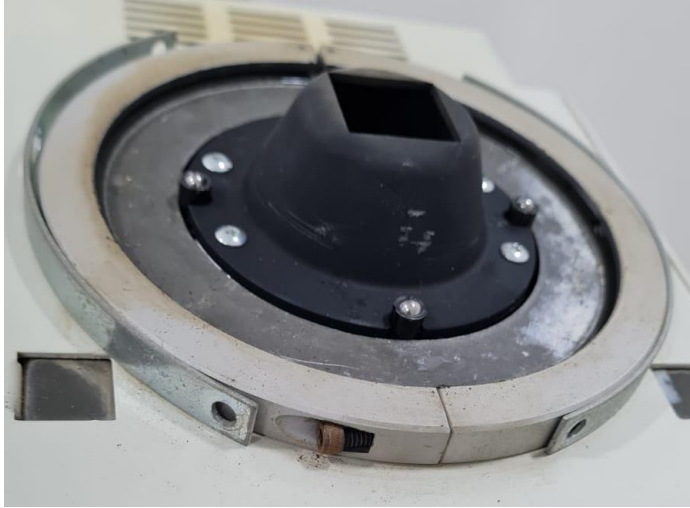


Figura 50. Desmontaje del colimador

Al retirar las abrazaderas de soporte y el tornillo de seguridad debe tenerse la debida precaución ya que el soporte de tubo tenderá a subir y el colimador caerá, para este procedimiento es necesario contar con mínimo 2 personas para evitar daños en los activos o personal que realiza el mantenimiento.

Posteriormente se procede a realizar limpieza del sistema externo e interno, evitando que impurezas ingresen en la ventana de disparo que pueda crear sombras.



Figura 51. Colimador desmontado del soporte

Al realizar la limpieza externa en el equipo se procede a realizar el desensamble del protector externo tal como se muestra en el manual de usuario del colimador MC 150.

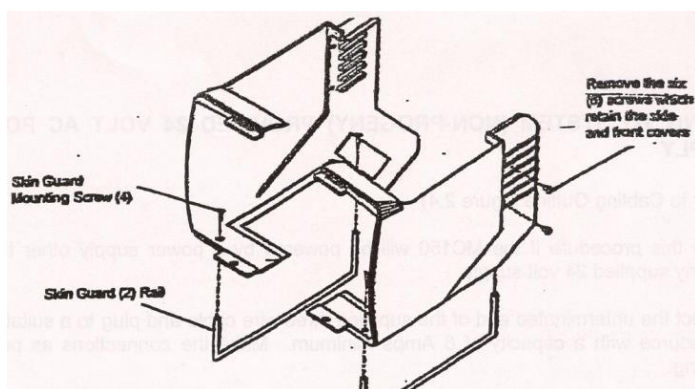


Figura 52. Desensamble del protector externo del colimador. Fuente Tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).



Figura 53. Liberación del visor acrílico de colimación

Se procede a retirar los tornillos frontales, traseros; de esta manera se liberará el visor acrílico de colimación.

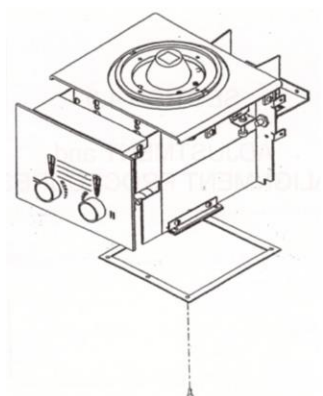


Figura 54. Correcto despiece del colimador. Fuente tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

Se debe garantizar la limpieza y desinfección de todas las partes que se encuentran en contacto con el personal de radiología y expuestas a suciedad que puedan afectar el correcto funcionamiento del equipo.

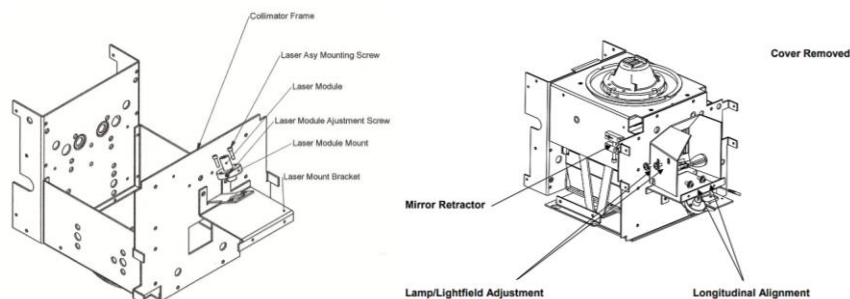


Figura 55. Despiece del colimador. Fuente tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

Se realiza la verificación del estado de Socket, Lámpara de 24V y su respectivo ajuste de campo, cableado eléctrico, retractor de espejo.

Ajuste longitudinal: Liberar suavemente los dos tornillos de soporte lateral para la alineación del campo de luz de izquierda a derecha, posteriormente al ajuste de campo apretar nuevamente los tornillos de soporte.

Al finalizar las pruebas de cada uno de los componentes se debe nuevamente reinstalar cada una de las piezas y realizar el montaje sobre el tubo de rayos x para poder continuar con los siguientes procedimientos de mantenimiento.

Prueba de congruencia de campo de luz / campo de rayos x.

Para realizar esta prueba se debe contar una serie de herramientas como: un patrón de prueba del colimador lineal, una cinta métrica (regla) un casete de película de rayos X de 14" x 17" (35 cm x 43 cm) un filtro de densidad neutra de densidad 1.0 para una comparación de densidad.

Inicie con el retiro del PATRÓN DE PRUEBA de sobremesa del colimador LINEAL # 1 del manual y coloque sobre la mesa con los bordes paralelos a los bordes de la mesa. Aplanar los pliegues y golpear en su posición en las esquinas de una manera que no lo dañe al retirarlo.



Figura 56. Ajuste Chasis 14"x17" con película de fósforo

Angular el colimador a 0° horizontal. Coloque el colimador en un punto focal para TEST PATRÓN distancia de 40" o 100 cm + 0,2 cm midiendo desde el centro de la salida ventana al centro del campo de luz; esta distancia debe ser de 30,38 "o 75,6 cm.

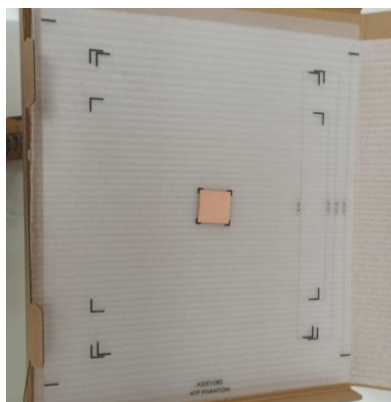


Figura 57. ATP Phantom

Pasos para la prueba de campo.

- o) Coloque la fuente de rayos X a una distancia de la mesa a 40 pulgadas o 100 cm SID.
- p) Ubique un casete en la superficie de la mesa y céntrese con precisión en el campo de luz.
- q) Reduzca manualmente el tamaño del campo de rayos X al siguiente tamaño de película más pequeño.
- r) Identifique los bordes del campo de luz y marque cuidadosamente los bordes colocando los marcadores de metal como ilustrado en la siguiente figura.

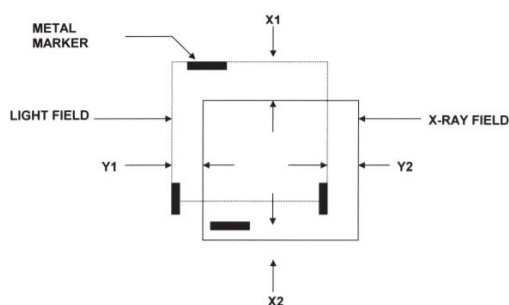


Figura 58. Ajuste de Phantom. Fuente tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

- s) Exponga la película a una densidad de 1.0 y revele.
- t) Identifique cuidadosamente los bordes del campo de rayos X y mida la diferencia entre el campo de rayos X bordes y bordes del campo de luz.
- u) La suma de la diferencia del eje largo ($X1 + X2$) no excederá el 2% del SID.

v) La suma de la diferencia del eje transversal no excederá el 2% del SID.

$x_1 + x_2$ debe ser menos del 2% del lado.

$y_1 + y_2$ debe ser menos del 2% del lado.

Ajuste y mantenimiento de sistema de bloqueo magnético.

Como se logra observar en la figura se tiene un transformador de 24V, que al encender el equipo se mantiene energizado para lograr un bloqueo en los movimientos angulares del colimador.

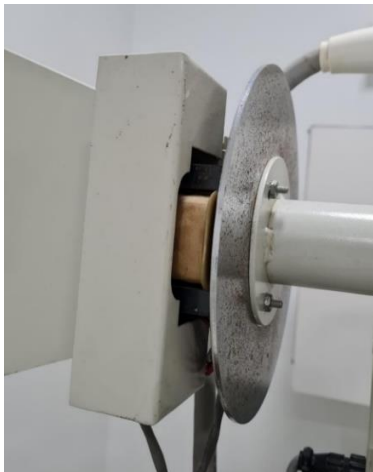


Figura 59. Transformador de 24V de sistema de bloqueo

El control de este bloqueo se realiza directamente desde la tarjeta de accionamientos en la parte superior del colimador, cada uno de esos controles permite movimientos horizontales, verticales, Roll (giro) y todos al mismo tiempo.



Figura 60. Sistema de bloqueo magnético

Para acceder a esta tarjeta se debe retirar 2 tornillos en la parte superior del soporte y posteriormente la lámina protectora se podrá liberar verticalmente como se observa en la figura.

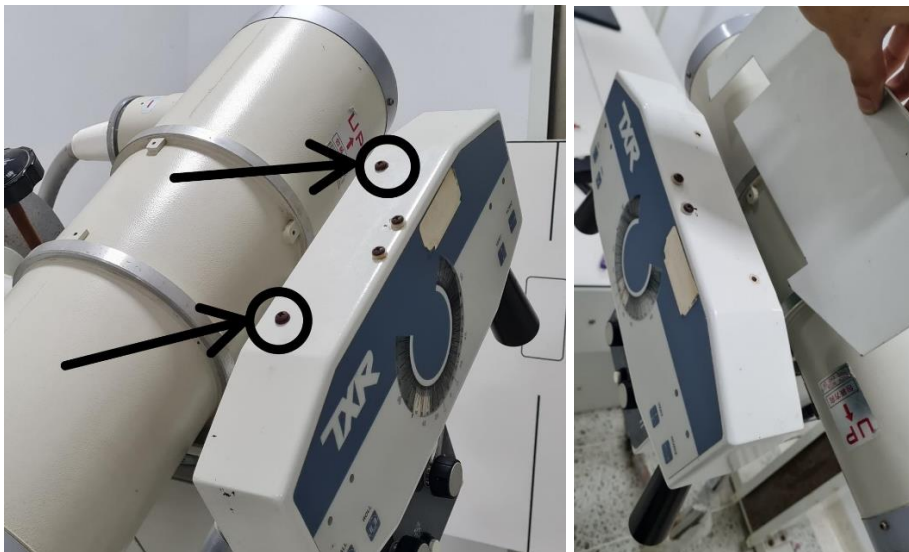


Figura 61. Retiro de lámina protectora

Se debe realizar mantenimiento general a la tarjeta electrónica para preservar sus componentes.

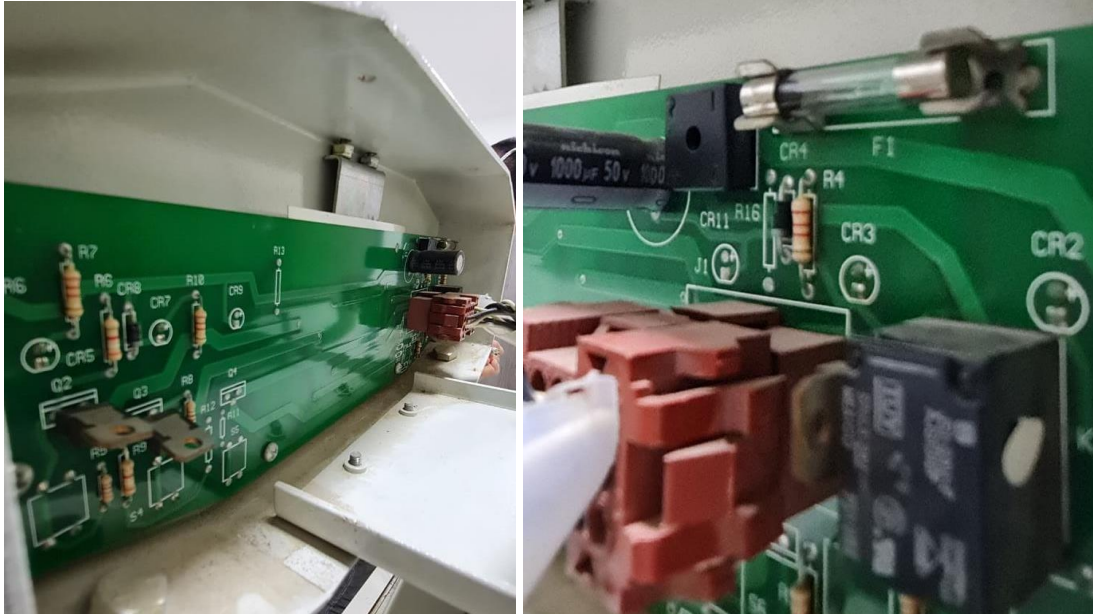


Figura 62. Tarjeta electrónica de accionamientos

Bucky mural.

x) Limpieza exterior del ensamblaje teniendo precaución con los componentes electrónicos que comprenden el sistema de liberación de frenado/bloqueo magnético.

y) Verifique que el desplazamiento vertical sea suave y el estado de los rodamientos superiores, engrase de ser necesario y realice su respectiva limpieza de impurezas.

z) Verifique que los pernos estén debidamente apretados incluidos los anclajes al suelo y pared.

aa) Verifique el correcto funcionamiento del interruptor y el transformador de liberación de la cerradura.

ab) Inspeccione todas las conexiones eléctricas y evite tensiones en el cableado.

ac) Inspeccione las guayas de contrapeso al interior del Bucky en presencia de hilos rotos.

Descripción de piezas de Bucky mural

En la siguiente figura se muestra la estructura de un Bucky mural.

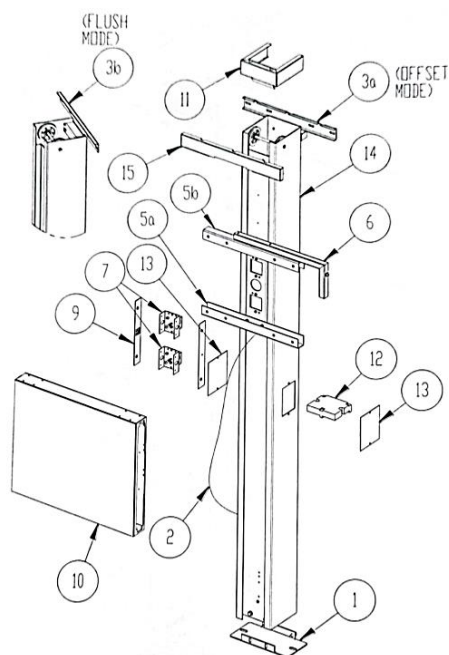


Figura 63. Partes del Bucky mural. Fuente tomado de (Summit Industries).

Tabla 2. Descripción de piezas del Bucky mural

N°	Piezas Bucky mural.
1	Conjunto de placa inferior.
2	Alambre de montaje (guaya) 10AWG, 300IN.
3 (a y b)	Conjunto de soporte sobre pared.
5a	Canal inferior del conjunto de Bucky.

N°	Piezas Bucky mural.
5b	Canal superior del conjunto de Bucky.
6	Manija del soporte, conjunto de Bucky.
7	Soportes para transformadores de bloqueo.
9	Cobertor magnético
10	Soporte de cassette.
11	Cubierta de polea, rodamientos.
12	Contrapesos, cada bloque de 5 y 10Lb.
13	Láminas de protección mirilla de contrapeso.
14	Columna de 17", soporte de pared.
15	Soporte superior de pared.

Soporte de tubo no rotatorio con Riel transversal.

ad) Limpieza exterior del soporte y rieles evitando suciedad que pueda detener el recorrido del equipo.

ae) Lubricación de rodamientos y piezas móviles.

af) Mantenimiento preventivo de transformadores de bloqueo en horizontal, vertical.



Figura 64. Soporte de tubo no rotatorio con riel transversal

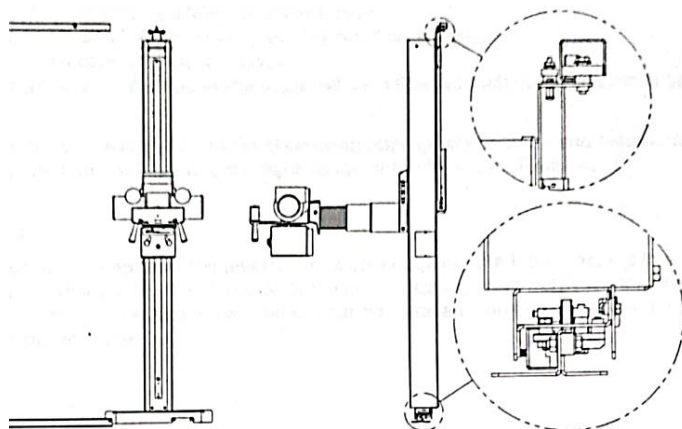


Figura 65. Soporte de tubo no rotatorio con riel transversal. Fuente tomado de (Summit Industries).

Ajuste de kVp.

Se debe realizar calibración manual mediante el potenciómetro RT1, ajustar el selector a 50mA, configure kVp hasta que en el medidor se observe 80, realice exposición de rayos efectivos en un segundo, verifique la salida como se indica en el medidor 4000 o divisor, ajuste RT1 hasta que el medidor tome la salida de kVp real.

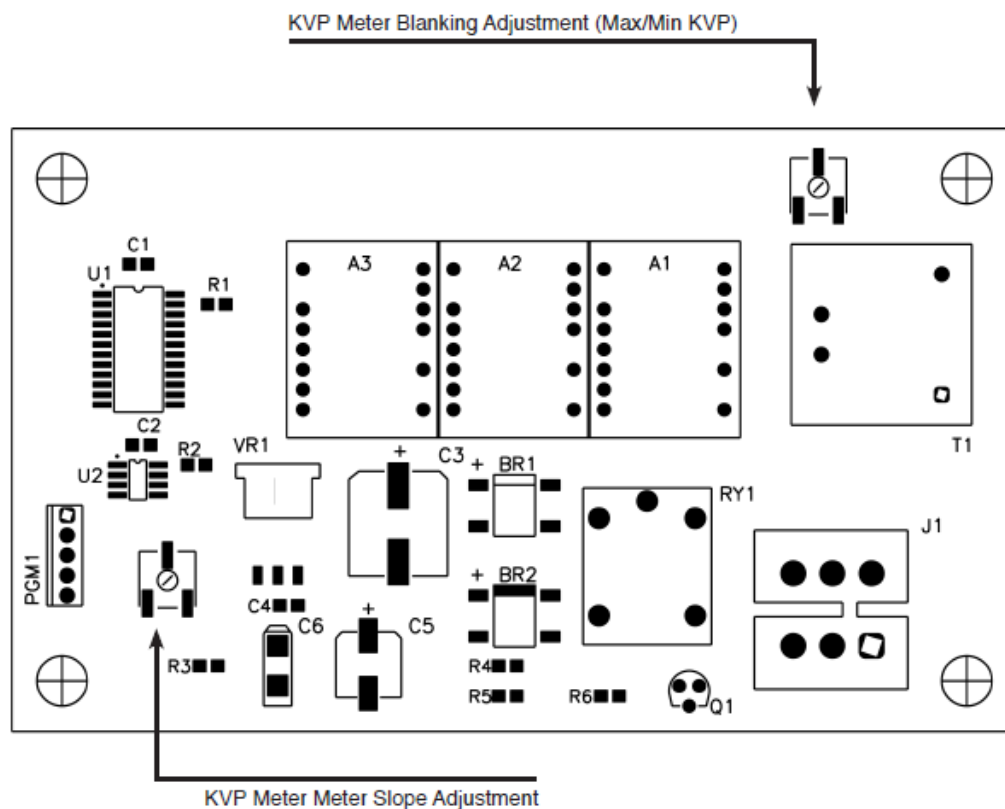


Figura 66. Ajuste de kVp. Fuente tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

Identificación y corrección de fallas en el equipo de rayos x fijo TINGLE TXR 425.

Para la siguiente sección se propone una breve descripción en una tabla correspondiente por cada falla, con su posible causa y solución, además se agrega una ilustración acorde a la problemática.

Tabla 3. Falla (Equipo no libera bloqueos en torre de tubo de rayos x)







Identificación de la falla:	Equipo no libera bloqueos en torre de tubo rayos x.	
Causas.	Solución.	Ilustración.
Posible corto circuito en transformadores de frenado.	Realizar prueba de continuidad y alimentación de transformadores.	
Fusible de tarjeta de bloqueo de movimientos tubo de rayos x defectuoso.	Realizar cambio de fusible por uno de su misma capacidad.	
No se recibe alimentación proveniente del módulo de control principal.	Revisar la salida del transformador 24VAC en el módulo principal y verificar si su fusible de protección se encuentra en correcto estado.	

Tabla 4. Falla (Equipo no realiza la preparación ni posterior exposición de rayos X)

Identificación de la falla:	Equipo no realiza la preparación ni posterior exposición de rayos x.	
Causas.	Solución.	Ilustración.
Pulsador de Preparación y Exposición en mal funcionamiento.	Se debe realizar una prueba de continuidad en contactos y accionamientos de pulsadores garantizando que cumplan con su función.	
Tarjeta Control Rotor defectuosa o Fusibles en mal estado.	Realizar prueba de fusibles, verificación de voltajes de salida (220V START, 50V RUN).	 

Rotor de Tubo de rayos X defectuoso, no es posible efectuar la rotación y posteriormente la exposición.

Verificar continuidad en el estator del tubo, se debe encontrar continuidad entre cualquier par de los 3 terminales (blanco, negro o rojo).

Debido a que los fusibles o uno de los fusibles F1, F2 están abiertos en la tarjeta madre.

Capacitor de rotación defectuoso. Verificar capacitancia y estado del Rotor Capacitor 36-43 MFD/220VAC.



Tabla 5. Falla (Indicador de “Ready” está encendido, pero no realiza exposición)

Identificación de la falla: Indicador de “Ready” está encendido, pero no realiza exposición.

Causas.

Bobina de “back up contactor” abierta o mecanismo interno desgastado.

Solución.

Verificar alimentación de bobina 110/130 VAC, probar continuidad en bobina, realizar desconexión de circuito aguas abajo y realizar prueba de enclavamiento.

Ilustración.



SCR's se encuentran en corto. Realizar test de voltaje desde J1-8 a J1-10 de la Mother Board en la parte inferior izquierda de la tarjeta, si no hay presencia de voltaje en dichos terminales y los selectores de kVp Mayor y Minor funcionan correctamente, los SCR deben ser reemplazados.



Tabla 6. Falla (Alto mA)

Identificación de la falla: Alto mA

Causas	Solución	Ilustración
Cables de alto voltaje son demasiado cortos o incompatibilidad del tubo de rayos X.	Si se realiza cambio en los cables de alto voltaje, deben ser reemplazados por unos del mismo largo o en su defecto ajustar las resistencias del filamento. Las características del tubo de rayos X deben ser compatibles con el voltaje de trabajo, kVp, Punto focal, tecnología de trabajo en el equipo.	<p>TOSHIBA ROTANODE™ MANUFACTURED: April 2010 医療機器の種類: 管理医療機器, 特定保守管理医療機器 承認番号: 22000BZX00652000 一般的名称: X線管装置 ロータノード UNIT MODEL: E7239FX SER. NO.: 10D365 INSERT MODEL: E7239 SER. NO.: 0D0185 SUP. SYMBOL: TXR MAX. VOLTAGE: 125 kV STATOR: XS-AV FOCAL SPOT: 2.0/1.0 mm PERMANENT FILTRATION: 0.9 Al/ 75 東芝電子管デバイス株式会社 〒324-8550 栃木県大田原市下石上1-318-5番地 TOSHIBA ELECTRON TUBES & DEVICES CO., LTD. 324-8550, Ohtawara-shi, Tochigi 324-8550 Japan MADE IN JAPAN MZF-RT02</p>
Aceite aislante del transformador HV contaminado.	Si el aceite del transformador se encuentra aislado o en muy bajo nivel causará un arco al usar el transformador HV, es necesario drenar el aceite, secar los devanados y nuevamente llenar el tanque con el nivel correcto de aislante. Recuerde esperar 24 horas luego de realizar este	

procedimiento para eliminar las burbujas que puedan quedar al interior del Transformador.

Tabla 7. Falla (no existe generación de mA)

Identificación de la falla:	No existe generación de mA.	
Causas.	Solución.	Ilustración.
Cables de Ánodo y Cátodo no están instalados correctamente.	Asegúrese de que el cable de Cátodo se encuentra conectado al transformador de alto voltaje y respectivamente al cátodo del tubo de rayos X, de igual manera con el Ánodo con ánodo. En caso de estar invertida su conexión la salida en el circuito de filamento se encontrará en corto circuito.	
Estabilizador de MA defectuoso.	Presionar el pulsador de PREP (preparación) y verificar el voltaje sobre los terminales A1 y H3 en la parte superior de la Mother Board el voltaje debe estar entre los 240 y 260V dependiendo de la posición en que el estabilizador esté	

enclavado. Cualquier voltaje inferior a 235VAC indica un problema al interior del estabilizador.

Corto circuito en Filamento del Tubo. Ubicar el voltímetro desde XC a XS o de XC a XL y preparar (PREP). Si existe un corto, el voltaje reflejado será entre 60-70 voltios.



Observaciones extra:

Aceite: Asegúrese de que el nivel del aceite no sea inferior a 1 pulgada desde la parte superior y no menor a $\frac{3}{4}$ de pulgada de distancia (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

No se debe contaminar el aceite sumergiendo objetos extraños ni manos ya que el aceite es el mayor aislante del alto voltaje. Mantener el transformador fuera de áreas donde la humedad sea superior al 75%.

En caso de reemplazar el aceite del transformador, es necesario dejarlo sumergido toda la noche antes de realizar cargas de kVp, de esta manera se eliminarán posibles burbujas al interior de la armadura.

Fallas en el tubo de rayos x: Normalmente un tubo de rayos x suele soportar varios años de servicio, pero debido a malos usos del operador la vida del tubo de rayos x se ve reducida sustancialmente (Bushong, 2010).

Generalmente los fallos en el tubo de rayos x se debe a aspectos térmicos, el equipo de rayos x es la máquina que solo se aprovecha un 2% de la energía, debido a mayor parte de su energía se convierte en calor (Antonio & Pedro, 2010) .

El ánodo se somete a elevadas temperaturas durante cada exposición la cual se debe disipar para que el tubo siga en funcionamiento (Spellman, 2022).

Un calor excesivo tiene como consecuencia una vida corta del tubo de rayos X. (Spellman, 2022).

Para un tubo de rayos x la vida útil se mide en cantidad de exposiciones, lo más habitual de estos equipos garantizan 50k exposiciones.

El resumen, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Fallas del tubo de rayos x (aspectos térmicos normalmente)

Falla.	descripción del por qué?
Mal uso (tubo de rayos x).	-Exposición en cantidad de tiempo innecesario. -Cuando se requiere de altas exposiciones no se calienta el ánodo con una exposición previa y pequeña.
Filamento.	-Evaporación del material debido al uso, o desequilibrio eléctrico, los residuos del material producen un efecto de filtrado en el haz efectivo, y desequilibrio eléctricamente el tubo, si el filamento está muy desgastado, mayor tiempo de exposición mayor evaporación del filamento hasta causar un posible circuito abierto. (Spellman, 2022).
Ánodo.	-Cuando hay presencia de altas temperaturas los cojinetes del rotor del ánodo se calientan tanto, se desgastan debido a un exceso de fricción. - La carcasa de cristal del ánodo se puede romper debido a que el ánodo se somete a altas temperaturas. - El revestimiento del tubo de rayos x puede fallar debido a altas temperaturas. - Cuando se somete a altas radiaciones este se puede romperse, derretir o deformarse.

Mantenimiento a tubo de rayos x: El mantenimiento que se debe realizar al tubo consta de una simple limpieza, calibración y verificación del estado en los conductores asegurándose de tener un correcto aislamiento.

Códigos de error en consola de control: La consola de control incorpora un autodiagnóstico, en el espacio de los mAs, se podrá mostrar alguno de los siguientes errores que se evidencian en la siguiente figura.

Tabla 9. Códigos de error de autodiagnóstico. Tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

CÓDIGO DE ERROR	DESCRIPCIÓN
OL	Indica: supera el límite del tubo
E02	Indica: KVP por encima del rango
E03	Indica: KVP por debajo del rango
E04	Indica - Apertura en cables MA o interruptor
E05	Indica - Apertura en el cable o interruptor de sincronización
RCS	Indica: SCR con fugas o en cortocircuito

Mantenimiento preventivo y correctivo del equipo de rayos x portátil villa system visitor t30.

Módulo de carga capacitores.

Antes de realizar la respectiva revisión del módulo de carga y almacenamiento por capacitores se debe verificar que el equipo se encuentre desconectado de la energía y sus breakers en modo off.

Seguido de la confirmación en ausencia de energía, posteriormente se realiza la descarga de los capacitores con el fin de evitar alguna descarga al personal de mantenimiento. Tal como se observa en la imagen, se debe mantener presionado por 10 segundos el pulsador del circuito de descarga ubicado sobre la tarjeta de suministro de los capacitores.

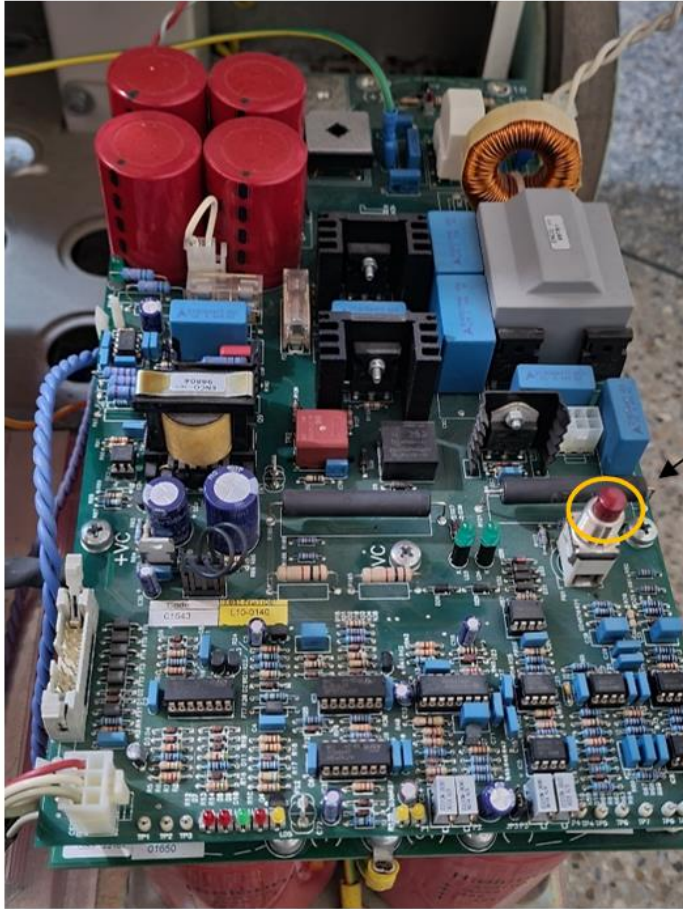


Figura 67. Tarjeta de suministro de los capacitores

Al finalizar el procedimiento para la descarga de los capacitores, se procede a verificar con un multímetro configurado en escala de voltaje directo, para confirmar que se tenga el mínimo voltaje permisible y óptimo para la manipulación de los componentes.

Por consiguiente, se procede con el retiro de la tarjeta superior con código 01643 y se realiza la desconexión de sus tierras y demás anclajes evitando entrar en contacto con otras etapas de funcionamiento en el equipo.

Se procede a verificar con el multímetro configurado en la escala de continuidad el estado de las protecciones así mismo la continuidad en los conductores y el estado de ellos asegurando el correcto funcionamiento.

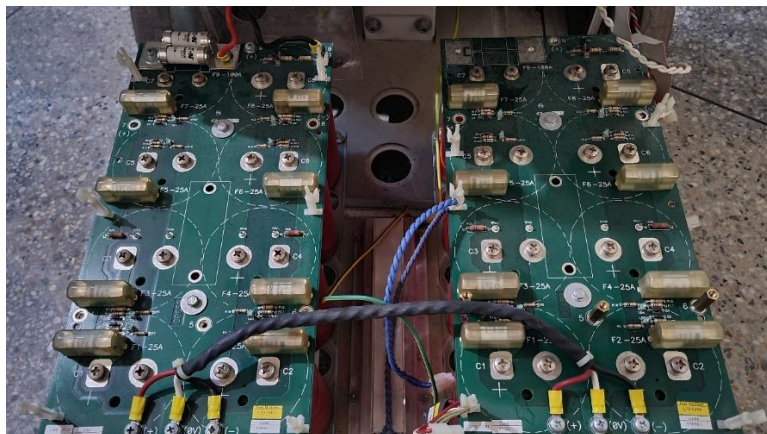


Figura 68. Tarjeta superior 01643



Figura 69. Protecciones de la tarjeta superior 01643

Finalizado el proceso de verificación en las protecciones y conductores el paso a seguir es la prueba de capacitancia en los condensadores individualmente para garantizar que se encuentren en correcto funcionamiento y no exista un desbalance de cargas que puedan provocar daños a corto plazo en el equipo.

Se debe realizar la desconexión individual de los capacitores retirando los tornillos cabeza estrella que los anclan a la tarjeta de protecciones, seguido a ello, haciendo uso de un capacimetro digital (medidor de capacitancia) se realiza la medición (para este caso se debe obtener un resultado óptimo o aproximado de 19000 uF que son los correspondientes a la placa de características de cada uno de ellos).



Figura 70. Tarjeta 01643 y capacitores

En caso de encontrar alguna anomalía en las mediciones de capacitores es necesario reemplazar los componentes que presenten fallos para evitar daños mayores al energizar nuevamente la etapa.

Módulo inversor.

Se realiza la verificación de componentes y funcionamiento del equipo se procede con la verificación del estado del Módulo inversor DC/AC el cual recibe un suministro de 680VDC 30kw entregados por la etapa anterior conformada por el módulo de capacitores.

Se procede con la desconexión en los bornes marcados como ‘ + - ‘ que son la alimentación del módulo provenientes de carga en los condensadores, al igual que retirar los terminales de corriente alterna que van directamente al tubo de rayos x.

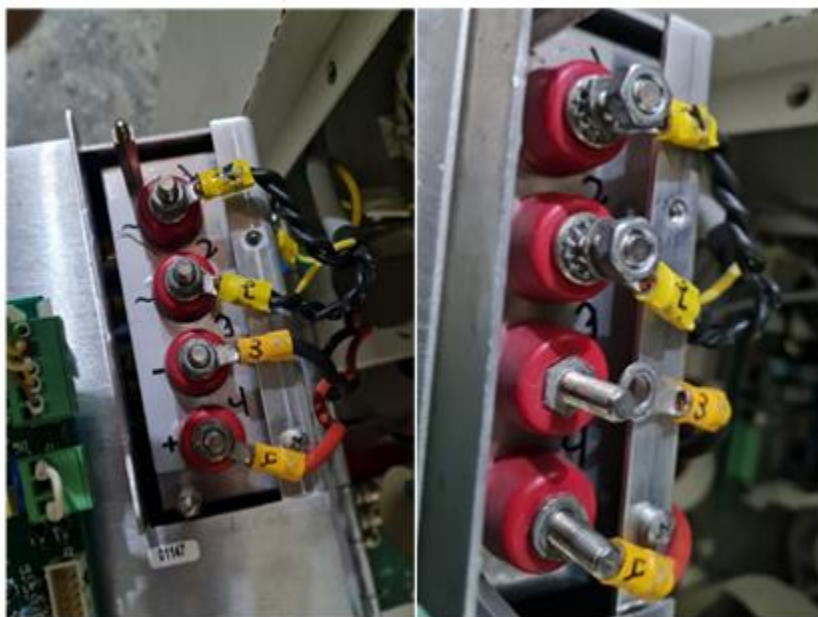


Figura 71. Bornes positivos y terminales AC del módulo inversor

Retirando los tornillos cabeza estrella del panel frontal y la tarjeta de verificación de voltajes nos encontramos con el sistema de filtrado conformado por dos capacitores MkV 6,8 uF +-10% y UN= AC 900V. Se realiza la verificación de la capacitancia en cada uno de ellos haciendo uso

del capacitometro, en caso de obtener una medida errónea a la indicada en la placa característica, es necesario reemplazar el componente por una misma referencia.

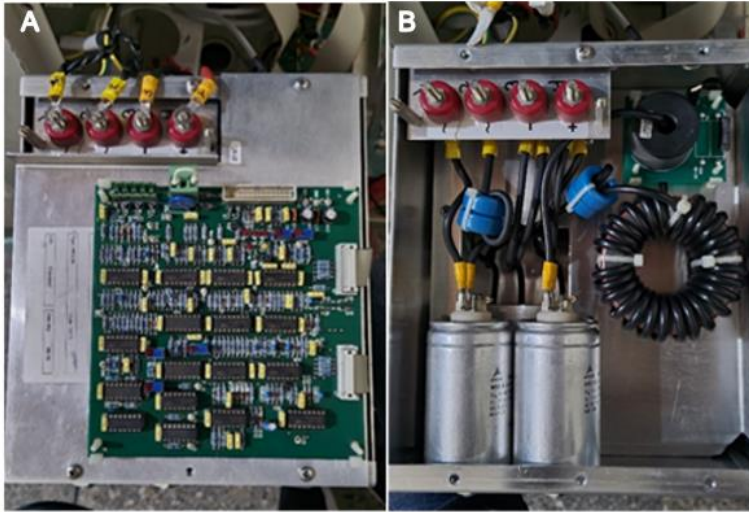


Figura 72. A. Panel frontal, B. Sistema de filtrado

Accediendo por la parte posterior del equipo se encuentran las placas Driver Duale AEM.

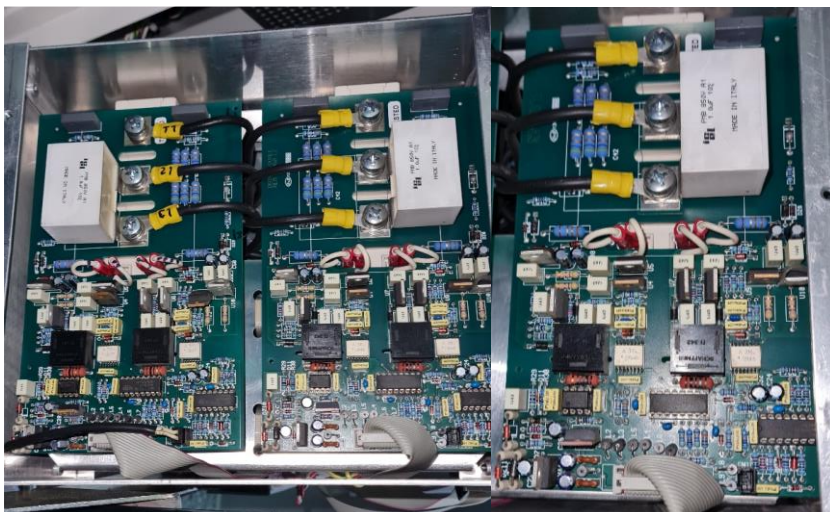


Figura 73. Placas driver dual AEM

Retirando las Tarjetas Driver Duale se accede a los transistores IGBT (encargados de realizar la conmutación de la corriente que será necesaria para la generación de los Rayos X).

Se procede con la prueba y verificación del estado de los módulos IGBT, que garantice que sus características se mantengan acorde a las necesidades del equipo, un desgaste o daño en estos componentes puede significar pérdidas de energía o bloqueos en el equipo.

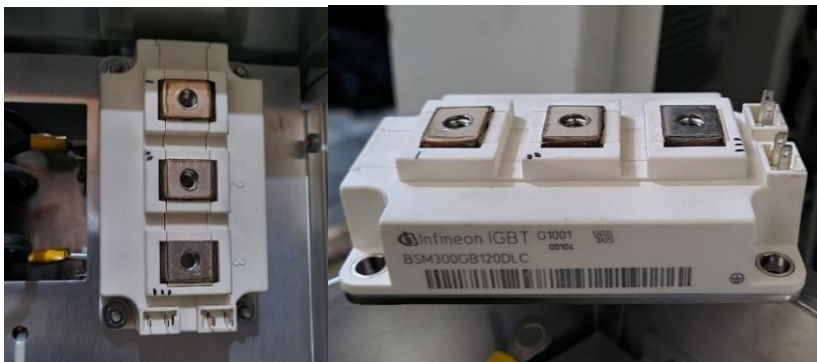


Figura 74. Módulo IGBT

Disparador.

El disparador del equipo cuenta con 2 pulsadores internos que sufren desgaste al ser elementos mecánicos, los cuales requieren ser verificado su funcionamiento y de esta manera detectar posibles fallos a corto o largo plazo, y lo detectamos de la siguiente manera.

Se realiza seguimiento al cable del disparador del equipo y se llega a la tarjeta de regulación y control de disparo, la cual envía las señales consecuentes de preparación y exposición.



Figura 75. Tarjeta de regulación y control de disparo

Se efectúa la desconexión del conector CP1 de 4 pines para realizar una prueba de continuidad entre los arreglos de cables que envían la señal predeterminada para cada uno de los pulsadores del disparador.

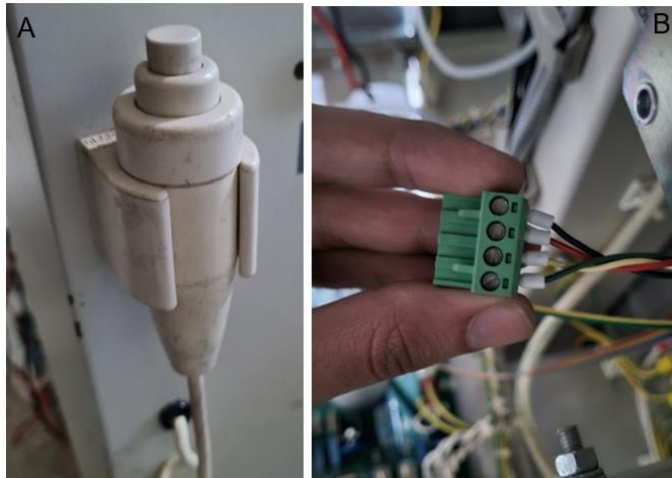


Figura 76. A. Pulsador de disparo, B. Conector CP1

Se realiza la prueba de continuidad en cada una de las siguientes condiciones con los respectivos pares de cables predeterminados.

ag) Pulsador 1 ON (preparación): Continuidad entre los cables de color negro y rojo.

ah) Pulsador 2 ON (exposición): Continuidad entre los cables amarillo y verde.

De esta manera se confirma que el funcionamiento del disparador esté en óptimas condiciones, en caso de encontrar falsos contactos al oprimir cada etapa del pulsador o no tener respuesta, es necesario efectuar la reparación o reemplazo del mismo por una misma referencia.

Colimador.

El sistema de colimación de un equipo de rayos x portátil es bastante similar al de un equipo de rayos X fijo ya que comprende del mismo principio, funcionamiento y piezas, por lo tal su mantenimiento es básicamente el mismo, añadiendo unos pasos para un correcto desensamble.

Posicione el colimador de manera lateral y sobre una superficie suave para comenzar el proceso de desensamble; Retire suavemente los 4 tornillos hexagonales liberando simultáneamente cada uno de ellos para evitar desgastar los soportes.

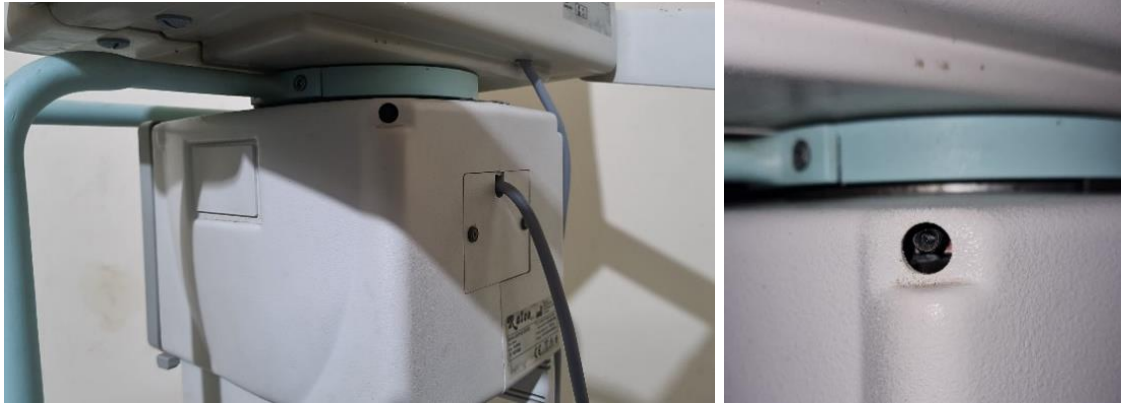


Figura 77. Desensamble del colimador, tornillos hexagonales

Luego de retirar los tornillos hexagonales el colimador caerá sobre la superficie destinada para reposar el equipo y continuar con la desconexión de su alimentación.

Nota: Esta actividad debe ser realizada por mínimo 2 personas.

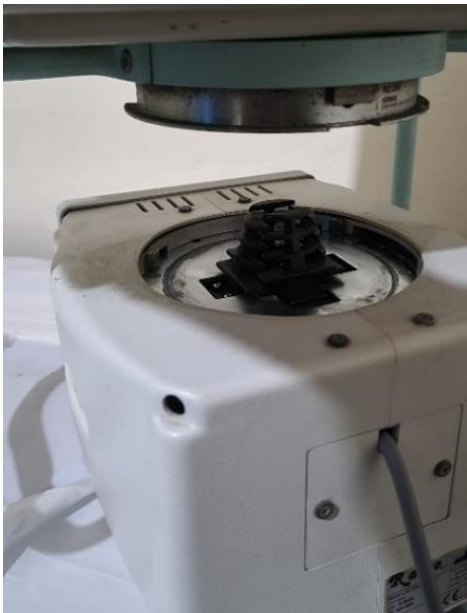


Figura 78. Desensamble del colimador

Al retirar el colimador de sus soportes, en el tubo de rayos x, se procede a realizar la desconexión de alimentación para la iluminación.

Se retiran los dos tornillos de la tapa bornera trasera para iniciar la desconexión de la parte eléctrica y proceder con el mantenimiento preventivo.



Figura 79. Circuito de alimentación del colimador

Una vez retirados los cables de alimentación y tierra, se procede a realizar el desensamble y mantenimiento del colimador, garantizando una limpieza y lubricación de los sistemas mecánicos.

Se retiran los tornillos cabeza cruz, ubicados en la parte superior, inferior y frontal para liberar los protectores laterales.

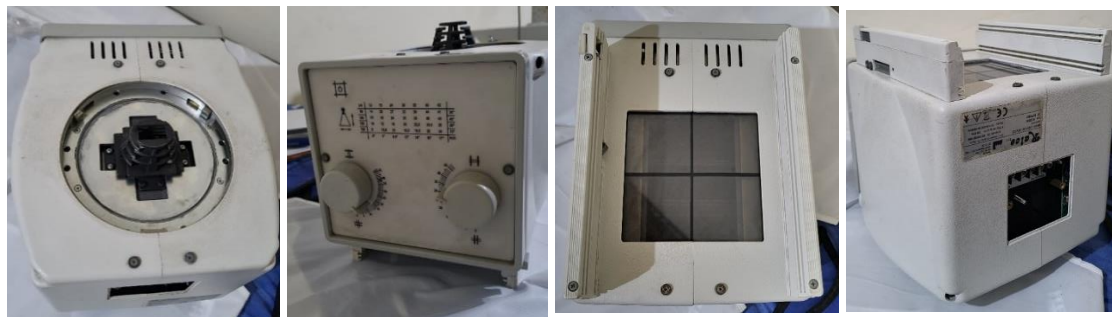
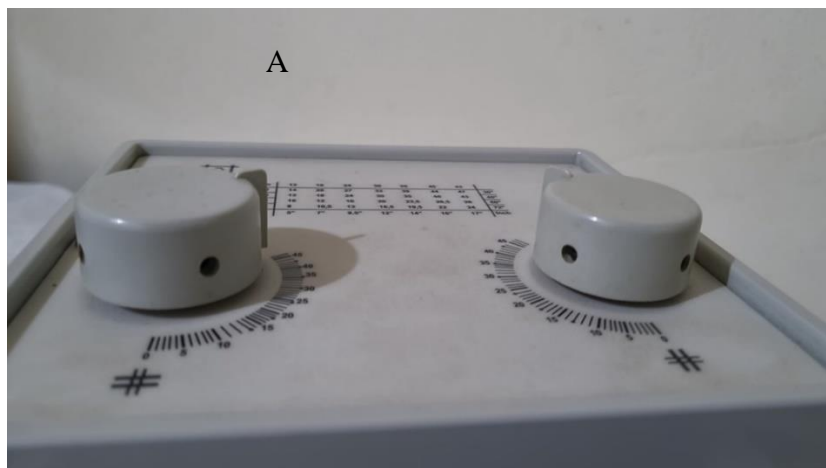


Figura 80. Retiro de tornillería de la carcasa del colimador

Posteriormente se debe retirar con cuidado los tornillos de la carcasa, se procede removiendo las perillas de colimación ajustándose inicialmente en un estado totalmente cerrado para evitar afectar la calibración de las rejillas.

Se retiran los tornillos hexagonales al interior de las ranuras en las perillas, seguido a ello se puede liberar las perillas de manera vertical y continuar con el desensamble del equipo.



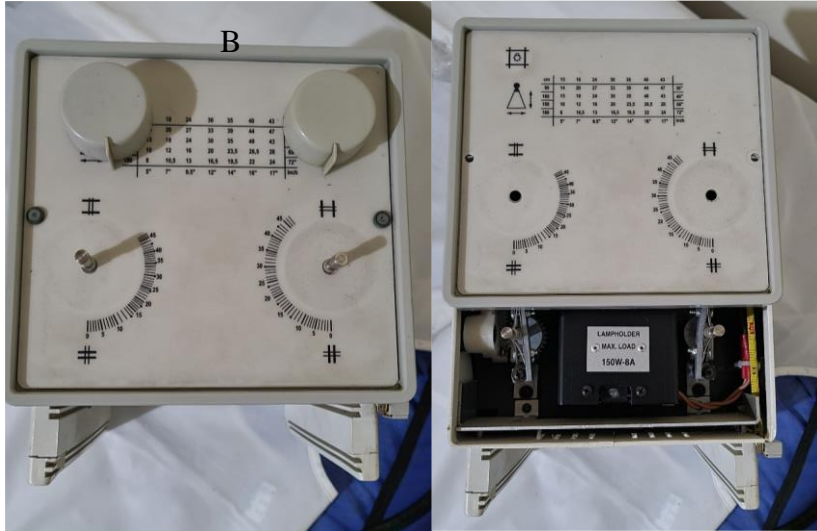


Figura 81. A. Tornillería de las perillas del colimador, B. Perillas retiradas

Finalmente, se tiene por completo el desensamble y se encuentra con los mecanismos internos de las rejillas de colimación, el acrílico guía, la lámpara incandescente para la iluminación halógena del equipo (150W-8A).

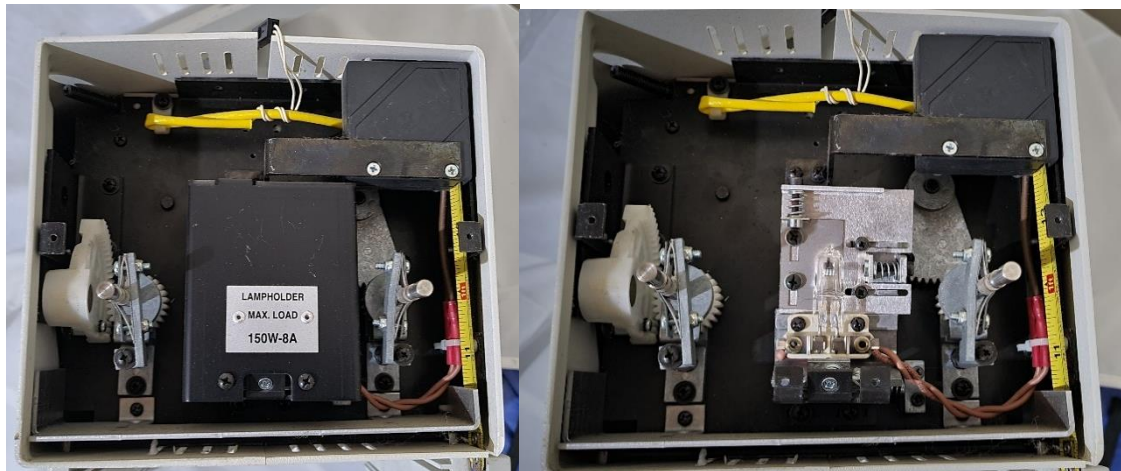




Figura 82. Parte electrónica del colimador varias tomas

ai) Se debe realizar limpieza interna y externa exhaustiva para evitar suciedad e impurezas al interior del colimador.

aj) Lubricación de sistema de apertura y cierre de rejillas.

ak) Revisión de tarjeta reguladora de voltaje para la alimentación de bombillo halógeno.

am) Revisión y prueba del estado del bombillo halógeno Bi-pin y socket cerámico: Limpieza de pines en bombillo eliminando rastros de óxido o sulfato, prueba de continuidad y limpieza de láminas de contacto en el socket cerámico.

an) Revisión de estado en conductores (cambiar si es necesario por sobrecalentamiento y alta temperatura).

ao) Limpieza de guía acrílica y ajuste con su centro.

Mecanismo de soporte (brazo).

El equipo consta de un mecanismo de soporte mecánico por medio de una correa y contrapeso interno para mantener en su lugar el tubo de rayos X junto con el colimador y de esta manera realizar posicionamiento suave y firme al momento de realizar la toma de imagen diagnóstica.

Se accede al mecanismo retirando los dos tornillos de cabeza estrella que se encuentran en la parte superior e inferior de la carcasa protectora del brazo.



Figura 83. Parte superior e inferior de la carcasa protectora del brazo

Quedará descubierta la cadena tensora la cual debemos ajustar y engrasar para evitar la fricción y prolongar su vida útil.



Figura 84. Cadena tensora del soporte de brazo

Identificación y corrección de fallas en el equipo de rayos x portátil VISITOR T30.

Para la siguiente sección se propone una breve descripción en una tabla correspondiente por cada falla, con su posible causa y solución, además se agrega una ilustración acorde a la problemática.

Tabla 10. Falla (Inverter Fault)

Identificación de la falla:		
Causas.	Solución.	Ilustración.
Inverter Fault.		

Error de IGBT en el módulo inversor. Debido al exceso de exposiciones simultáneas o desgaste por sobrepasar su vida útil, es necesario cambio de IGBT's al interior del Módulo inverter.



Falla V2.

Identificación de la Fallo V2.

falla:

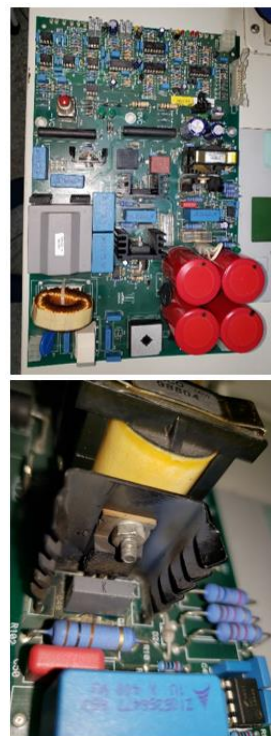
Causas.

Error en el suministro de voltaje para el controlador.

Solución.

Se debe realizar verificación en voltajes de salida en etapa de carga y descarga de condensadores. Posiblemente existe un fallo en capacitores o tarjeta reguladora de voltajes B4 Charger Board, comúnmente asociado a sobrecarga y uso excesivo del equipo.

Ilustración.



Falla (Filamento).

Identificación de la Filamento.

falla:

Causas.

Solución.

Ilustración.

Problemas en la comprobación del filamento en el tubo de rayos x. Se debe realizar verificación de voltajes de entrada y salida en la tarjeta B7 Filamento, en caso de presentar fallas en sus componentes pasivos ser reemplazados o en su defecto la tarjeta B7.



Falla V3.

Identificación de la falla: Fallo V3.

falla:

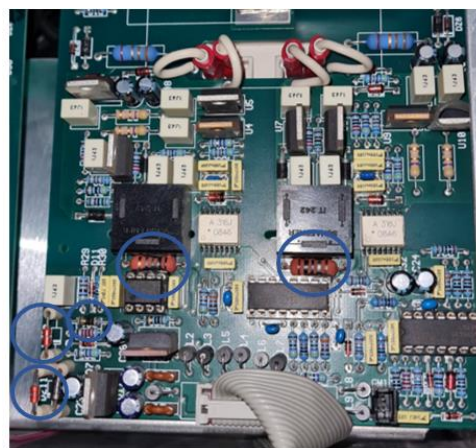
Causas.

Error en la alimentación de la unidad de potencia.

Solución.

Se presenta debido a la ausencia de voltaje en la unidad de potencia, se debe efectuar seguimiento e inspección del lugar donde el circuito se encuentra abierto y no es posible mantener el voltaje en un punto específico. Generalmente este error se presenta por exceso de exposiciones simultáneas que sobrecarguen la unidad de potencia y genere desgaste en los componentes pasivos y activos, específicamente en las tarjetas Driver Dual del módulo inversor. Resistencias, diodos, zener y circuitos integrados 555 se ven afectados por el

Ilustración.



sobrecalentamiento del inversor, los cuales deben ser reemplazados por su misma referencia o en su defecto el reemplazo de la tarjeta afectada.

Falla (Hand switch ERR).

Identificación de la Hand switch ERR.

falla:

Causas.

Solución.

Ilustración.

Pulsador dañado.

Switche se mantiene presionado en la etapa de exposición continua, es necesario reemplazar el pulsador por su referencia establecida realizando su desconexión de la tarjeta 01651 al interior del equipo.



Falla (No enciende lámpara de colimador, pero bombillo halógeno en buen estado)

Identificación de No enciende lámpara de colimador, pero bombillo halógeno en buen

la falla:

estado

Causas.

Solución.

Ilustración.

Socket en mal estado, conductores dañados. Se debe verificar continuidad en los conductores y alimentación 24V.



Fusibles en tarjeta B3 ON-OFF STARTER defectuosos. Reemplazar fusibles abiertos y verificar voltaje de salida en terminales CM6-4.

Falla (Ajustar tubo)

Identificación de la falla: Ajustar tubo.

la falla:

Causas.

No se logra obtener una retroalimentación del estado del tubo de rayos x con el módulo inversor.

Solución.

Verificar conexión CP2-2 en módulo B11 Inverter, realizar seguimiento de continuidad y estado del conductor.

Ilustración.



5. Resultados

Como resultado de este proyecto, se propuso a la empresa VHM ingeniería fijar una nueva rutina independiente para equipo de rayos x (portátil y fijo) debido a que antes de las ejecuciones de mantenimientos preventivos o correctivos se respaldan por una rutina general para los equipos de rayos x.

Se pudo realizar una documentación de algunas fallas independientemente a cada equipo de rayos x (fijo y portátil) en donde se detallan las causas y posibles soluciones.

En la tabla 16, se muestra la nueva propuesta de rutina de mantenimiento para el equipo de rayos x fijo (la tabla fue creada por medio de material de referencia, (Systems, TXR Tingle medical, 2008) y material expuesto en el capítulo 7 en donde se evidencian los procedimientos preventivos, correctivos y procedimientos que realiza habitualmente el personal de mantenimiento en base a su experiencia).

Tabla 11. Nueva rutina de mantenimiento preventivo para el equipo de rayos x fijo.

	VHM INGENIERÍA S.A.S RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO DE RAYOS X FIJO	Código:	
		Versión:	
		Página:	

Marca: _____	Centro de
Modelo: _____	salud: _____
Número de serie: _____	Área: _____
Inventario equipo: _____	Ubicación: _____

INSPECCIÓN PRELIMINAR

Descripción de actividad	Cumple	No cumple
Verificar desconexión eléctrica total del equipo		
Realice desinfección total del equipo		
Verificar buen estado de cables y fundas		
Verificar el buen estado de cubiertas		
Verificación general de tornillería		

		Cumple	No cumple
VERIFICACIÓN ELÉCTRICA DE CONSOLA CONTROL		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Verificación de los leds de la pantalla			
Verificar las teclas, pulsadores y perillas.			
Verificar señal audible.			

		Cumple	No cumple
CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE POTENCIA		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Encienda los equipos de medición y establezca comunicación inalámbrica			
Configure el equipo de medición para realizar la correcta medición de las características del haz efectivo			
Situé adecuadamente el detector en posición para medir el haz efectivo.			
Ajuste en el equipo de rayos x los valores de kV y mA deseados para la calibración.			
Tome las medidas de seguridad y protección para realizar el disparo del haz efectivo.			
Realice el disparo del haz efectivo y analice los datos obtenidos reflejados en el equipo de medición.			

Cumple	No cumple
--------	-----------

VERIFICACIÓN MÓDULO PRINCIPAL**FRECUENCIA: 3
MESES**

Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Verificar cable de alimentación del equipo (220V 60Hz).			
Prueba de voltajes de entrada y salida de: Autotransformador, transformador de carga y transformador de colimador y mesa			
Prueba de contactor de Backup			
Revisión y prueba de los fusibles de ajuste de Ma			
Revisión del estado del cableado			
Prueba del capacitor del rotor y voltajes de salida (24V) para activación de: Controlador X-Ray, colimador, mesa de rayos x, rotor del tubo de rayos x y Bucky mural			
Revisión y prueba de interruptores menor, mayor de kVp: Prueba de continuidad entre terminales, verificación del estado de los conductores y su aislamiento.			
Verificación de componentes electrónicos en la tarjeta "Timer Board": limpieza de tarjeta, prueba de transformadores (12V, 24V) revisión de conductor, aislamiento y prueba de continuidad			
Prueba y revisión de Tarjeta de control Rotor de tubo rayos x, (alimentación 220 VAC, START, 50 VAC RUN): Limpieza de tarjeta electrónica, prueba de continuidad y estado de fusibles, prueba de diodos, revisión de transformador 12V y estado de conductor y conectores.			
Revisión y prueba de contactor de Backup: limpieza externa del equipo, prueba de bobina y accionamiento			
Prueba de transformador 24VAC de alimentación para colimador y seguros magnéticos: Limpieza externa del equipo, verificación de continuidad en			

fusibles de entrada/salida de transformador y verificación de voltaje de salida

		Cumple	No cumple
MESA TRANSVERSAL		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Revisión y prueba de transformadores 24VAC			
Ajuste en distancia de enclavamiento de electroimán (2mm)			
Verificación en el estado de los conductores (reemplazar si se amerita)			
Revisión y prueba de componentes electrónicos de la tarjeta auxiliar (fusible, condensador, resistencia, puente de diodos, terminales macho).			
Verificación en voltaje de alimentación proveniente del panel de control 24VAC			
		Cumple	No cumple

SISTEMA DE FRENO		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
El sistema de freno general (Bucky mural, colimador, mesa transversal) se efectúa por medio de transformadores a 24VAC que son convertidos en electroimanes para así lograr un frenado exitoso y resistente. -Verificar es estado de los transformadores, (voltaje, continuidad, y fusibles)			
		Cumple	No cumple

COLIMADOR		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación

Limpieza y desinfección general

Revisión de lámpara halógena

Revisión y mantenimiento de socket

Ajuste de perillas de colimación

Ajuste de sistema rotativo y seguros magnéticos

Revisión de tarjeta control de luz y rotación

Ajuste y lubricación de piezas mecánicas

Cumple	No cumple
--------	-----------

PRUEBA DE CONGRUENCIA DE CAMPO DE LUZ/ CAMPO DE RAYOS X FRECUENCIA: 6 MESES

Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Retire minuciosamente el patrón de prueba de sobremesa del colimador lineal			
Realice TEST PATRÓN			
Situé la fuente de rayos x a una distancia de la mesa a 40" o 100 SID			
Ubique un casete en la superficie de la mesa y céntrelo con precisión en el campo de luz.			
Reduzca manualmente el tamaño del campo de rayos X al siguiente tamaño de película más pequeño.			
Identifique los bordes del campo de luz y marque cuidadosamente los bordes colocando los marcadores de metal			
Exponga la película a una densidad de 1.0 y revele.			
Identifique cuidadosamente los bordes del campo de rayos X y mida la diferencia entre el campo de rayos X bordes y bordes del campo de luz.			
La suma de la diferencia del eje largo (X1 + X2) no excederá el 2% del SID			
La suma de la diferencia del eje transversal no excederá el 2% del SID.			

		Cumple	No cumple
AJUSTE Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE BLOQUEO MAGNÉTICO		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Acceder a la tarjeta electrónica de accionamiento			
Mantenimiento general de la tarjeta electrónica			

		Cumple	No cumple
BUCKY MURAL		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
<p>Limpieza exterior del ensamblaje teniendo precaución con los componentes electrónicos que comprenden el sistema de liberación de frenado/bloqueo magnético.</p> <p>Verifique que el desplazamiento vertical sea suave y el estado de los rodamientos superiores, engrase de ser necesario y realice su respectiva limpieza de impurezas.</p> <p>Verifique que los pernos estén debidamente apretados incluidos los anclajes al suelo y pared.</p> <p>Verifique el correcto funcionamiento del interruptor y el transformador de liberación de la cerradura.</p> <p>Inspeccione todas las conexiones eléctricas y evite tensiones en el cableado.</p> <p>Inspeccione las guayas de contrapeso al interior del Bucky en presencia de hilos rotos</p>			
		Cumple	No cumple

SOPORTE DE TUBO NO ROTATORIO CON RIEL TRANSVERSAL	FRECUENCIA: 3 MESES
--	----------------------------

Descripción de actividad	Cumple No cumple	Observación
Limpieza exterior del soporte y rieles evitando suciedad que pueda detener el recorrido del equipo		
Lubricación de rodamientos y piezas móviles		
Mantenimiento preventivo de transformadores de bloqueo en horizontal, vertical.		

		Cumple	No cumple
SEGURIDAD RADIOLÓGICA Y ELÉCTRICA		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Verificar si existe fuga de radiación (daños físicos)			
Verificar la calidad del haz útil (mediante una filtración mínima)			
Verificar la limitación y alineación del haz efectivo			
Verificación de resistencia y protección a tierra			
Verificar si el equipo posee alguna corriente de fuga a tierra y al control del empaque			

RECOMENDACIONES

N°	Descripción:
1	
2	
3	
4	
5	

REPUESTOS E INSUMOS UTILIZADOS

Unidades	Repuesto / insumo

FECHA DE REALIZACIÓN:**Realizó:****Aprobó:**

En la tabla siguiente, se muestra la propuesta de rutina de mantenimiento para el equipo de rayos x portátil, (La tabla fue creada por medio de material de referencia, (Villa Sistemi Medicali, 2004) y material expuesto en el capítulo 8 en donde se evidencian los procedimientos preventivos, correctivos y procedimientos que realiza habitualmente el personal de mantenimiento en base a su experiencia).

Tabla 12. Nueva rutina de mantenimiento preventivo para el equipo de rayos x portátil.

	VHM INGENIERÍA S.A.S RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO DE RAYOS X PORTÁTIL	Código:	
		Versión:	
		Página:	

Marca:		Centro de	
Modelo:			salud:
Número de serie:		Área:	
Inventario equipo:		Ubicación:	

INSPECCIÓN PRELIMINAR		
Descripción de actividad	Cumple	No cumple
Verificar desconexión eléctrica total del equipo		
Realice desinfección total del equipo		
Verificar buen estado de cables y fundas		
Verificar fuga de aceite en el monobloque		
Verificar el buen estado de cubiertas		
Verificación general de tornillería		
Comprobación del sistema de movimiento		

			Cumple	No cumple
MÓDULO DE CARGA DE CAPACITORES		FRECUENCIA: 3 MESES		
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación	
Verificar desconexión eléctrica total del equipo				
Realizar descarga de los capacitores (oprimir durante 10 segundos el pulsador del circuito ubicado sobre la tarjeta de suministro de los capacitores)				
Verificar el mínimo voltaje permisible en DC				
Retirar tarjeta superior 01643 y realizar desconexión de tierras				
Verificar continuidad en conductores y protecciones				
Verificación de capacitancias, éstas deben estar en balance				
Realizar desconexión individual de los capacitores, y realizar medición con el capacímetro digital y verificar un valor optimo o aproximado a 19k uF (correspondientes a la placa de los mismos)				

			Cumple	No cumple
MODULO INVERSOR DC/AC		FRECUENCIA: 3 MESES		
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación	
Realizar desconexión de los bornes positivos y terminales AC del módulo inversor				
Retirar tornillería del panel frontal y de la tarjeta de verificación de voltajes, para acceder al sistema de filtrado				
Verificar capacitancia del sistema de filtrado				
Acceder a las placas Driver Dual AEM				

Retirar placas driver dual y acceder a los transistores IGBT y realizar verificación de estado de los módulos IGBT			
--	--	--	--

		Cumple	No cumple
DISPARADOR		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Realizar desconexión del conector CP1 (4 pines) y realizar prueba de continuidad entre el arreglo de cables.			
Verificar continuidad cables negro y rojo			
Verificar continuidad cables amarillo y verde			

		Cumple	No cumple
COLIMADOR		FRECUENCIA: 3 MESES	
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación
Posicione el colimador de manera lateral y sobre una superficie suave para comenzar el proceso de desensamble			
Retire suavemente los 4 tornillos hexagonales liberando simultáneamente cada uno de ellos para evitar desgastar los soportes			
Realizar desconexión de su alimentación, retirar tapa bornera y realizar la desconexión			
Realizar el retiro de la carcasa del colimador			
Posicionar las perillas en modo off y retirar tornillería en las ranuras de las mismas y retirarlas de forma vertical (para evitar afectar la calibración)			
realizar limpieza interna y externa exhaustiva para evitar suciedad e impurezas al interior del colimador.			

Lubricación de sistema de apertura y cierre de rejillas.			
Revisión de tarjeta reguladora de voltaje para la alimentación de bombillo halógeno			
Revisión y prueba del estado del bombillo halógeno Bi-pin y socket cerámico 1. Limpieza de Pines en bombillo eliminando rastros de óxido o sulfato 2. Prueba de continuidad en bombillo 3. Limpieza de láminas de contacto en el socket cerámico			
Revisión de estado en conductores (cambiar si es necesario por sobrecalentamiento y alta temperatura)			
Limpieza de guía acrílica y ajuste con su centro.			

			Cumple	No cumple
MECANISMO DE SOPORTE DE BRAZO		FRECUENCIA: 3 MESES		
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación	
Verificar el equilibrio y movimiento (bloqueo, desbloqueo y estabilidad)				
Verificar rotación y equilibrio del monobloque				
Retirar tornillos de la carcasa protectora del brazo para acceder a la cadena tensora				
Realizar ajuste y engrase de la cadena tensora				

			Cumple	No cumple
VERIFICACIÓN ELÉCTRICA DE CONSOLA CONTROL		FRECUENCIA: 3 MESES		
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación	
Verificación de los leds de la pantalla				

Verificar las teclas y pulsadores			
Comprobar señales de audio			

			Cumple	No cumple
SEGURIDAD ELÉCTRICA		FRECUENCIA:	3	
		MESES		
Descripción de actividad	Cumple	No cumple	Observación	
Verificación de resistencia y protección a tierra				
Verificar si el equipo posee alguna corriente de fuga a tierra y al control del empaque				

RECOMENDACIONES	
N°	Descripción:
1	
2	
3	
4	
5	

REPUESTOS E INSUMOS UTILIZADOS	
Unidades	Repuesto / insumo

FECHA DE REALIZACIÓN:	
Realizó:	Aprobó:

Se realizó la socialización con el personal de la empresa, que interfiere en las labores de mantenimiento preventivo y correctivo especialmente de los equipos de rayos x fijo y portátil, indicando el proceso que se ejecutó en este proyecto, como se deben interpretar los resultados y diligenciar las rutinas de mantenimiento propuestas para cada equipo, además, se indicó

conceptos fundamentales, los cuales se contemplan en el presente documento y se resalta las normas de seguridad.

6. Conclusiones

Mediante este proyecto se obtiene la reducción en paradas de emergencia y jornadas donde no se logra la prestación del servicio de radiología debido a daños en los equipos y/o mal diagnóstico por parte del personal de mantenimiento hasta en un 50% gracias a una correcta comprensión del funcionamiento de cada etapa y módulo que genere un fallo y su debida acción frente a cada eventualidad.

Se logra realizar un documento instructivo y descriptivo de las actividades necesarias para garantizar un correcto funcionamiento de los equipos de radiología a cargo del personal de la empresa VHM INGENIERÍA S.A.S.

Este proyecto tuvo como objetivo diseñar un protocolo para identificar, prevenir y corregir fallas en equipos de rayos x a los cuales la empresa VHM ingeniería S.A.S interviene, VHM detalla que realiza labores de mantenimiento preventivo y correctivo en equipos de rayos x fijo y portátil, los estudiantes de ingeniería electromecánica de la Universidad Francisco de Paula mediante un análisis cuantitativo y cualitativo de información describen aspectos relevante de estos equipos cómo: Fenómenos físicos básicos, estructura eléctrica, mecánica y funcionamiento de las diferentes partes por las que está compuesto un equipo de rayos x fijo y portátil, con el fin de que el personal interesado en esta información este suficientemente capacitado en este tema.

Para la empresa y el presente proyecto es de vital importancia, la comprensión de las rutinas de mantenimiento, diseñadas por los estudiantes de la Universidad Francisco de Paula Santander, mediante una reunión con el personal de mantenimiento de equipos de rayos x en la empresa, se

explicó cómo se debe interpretar la información contenida en ellas y cómo diligenciarla, la mejora de las rutinas de mantenimiento preventivo tienen como objeto, al iniciar la labor de mantenimiento preventivo estos equipos, cuenta con un procedimiento ordenado, detallado y secuencial que garantiza su buen labor, debido a esto se tendrá un soporte para realizar un servicio de mantenimiento efectivo, cómo verificar correctamente el estado actual de equipo para su buen funcionamiento, o dictaminar fallas de piezas para reparación o cambio inmediato, además se tendrá un control de frecuencia de mantenimiento de cada pieza o componente fundamental, para no desgastar las piezas mediante procesos de mantenimiento innecesarios o realizar cambios de piezas indebidas.

7. Recomendaciones

Se recomienda al personal de mantenimiento de rayos x leer minuciosamente y comprender a detalle las pruebas que secuencialmente se reflejan en este proyecto, en llegado caso de no tener seguridad para realizar un procedimiento de verificación o prueba de un componente o pieza fundamental.

Se recomienda al personal de mantenimiento de rayos x diligenciar con responsabilidad y claridad la propuesta de la rutina de mantenimiento para los equipos de rayos x (fijo y portátil) ya que para la empresa VHM ingeniería S.A.S es de vital importancia tener un control y soporte de los mantenimientos en espacio y tiempo, ejecutados por el personal de la empresa VHM INGENIERÍA S.A.S.

Se recomienda a la empresa VHM ingeniería S.A.S que continúe su buena gestión y se extienda con el diseño de rutinas de mantenimiento preventivo para diferentes tipos de equipos de imagenología, tales como arco en C.

Referencias bibliográficas

- Acosta, C. A. (2019). Soporte y gestión de los servicios de radiología bajo la modalidad de telemedicina en la empresa social del estado Hospital San Antonio Arbeláez Cundinamarca. *Ingeniero Electrónico*. Cundinamarca: Universidad de Cundinamarca.
- Antonio, B. S., & Pedro, R. M. (2010). Fundamentos de Física Médica Volumen 2 Bases físicas, equipos y control de calidad en radiodiagnóstico. Universidad Internacional de Andalucía.
- Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación, Introducción a la metodología científica. Caracas: Episteme.
- Brito, M. S. (2018). Implementación de un protocolo de control de calidad del equipo de rayos x Titan 2000M para el hospital general provincial docente Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Bushong, S. C. (2010). Manual de radiología para técnicos . Barcelona : Elsevier Mosby.
- Castillo, J. C. (2021). Máquinas Eléctricas. EDITEX.
- CLARO, O. M. (17 de 4 de 2018). Implementación de un plan de mantenimiento a la empresa Electroautomatismos.ST, para los equipos biomédicos a su cargo . Ingeniero mecánico . Ocaña , Colombia : Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña .

Comisión electrotécnica internacional. (1 de 2012). IEC 6061. Recuperado el 10 de 1 de 2022, de <https://www.iso.org/standard/65529.html>

Cura, J. L., Pedraza, S., & Gayete, A. (2009). Radiología Esencial. Buenos Aires; Madrid: Editorial médica Panamericana.

Fluke Biomedical. (6 de 2011). TNT 12000 DoseMate, Dosimeter Detector. Obtenido de <https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/dosemateqrspa0100.pdf>

haro, D. f., & Condo, D. A. (2019). Diseño de un plan de mantenimiento de equipos médicos del Hospital IESS Ambato de: Imagenología, quirófano y unidad de cuidados intensivos, aplicando estándares de la organización mundial de la salud. Ingeniero de Mantenimiento. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

INCOTEC. (2008). Código eléctrico colombiano NTC. Recuperado el 27 de 12 de 2021, de https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-96894_Archivo_pdf.pdf

International Electrotechnical Commission. (2005). IEC 60336, Medical electrical equipment - X-ray tube assemblies for medical diagnosis - Characteristics of focal spots.

ISO, I. s. (1 de 3 de 2021). *ISO 4037*. Recuperado el 20 de 1 de 2022, de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0065300>

Jiménez, N. D. (2019). Realización de mantenimiento preventivo y correctivo de dispositivos médicos e industriales en las E.S.E donde Arkimed equipos S.A.S presta sus servicios.

Tunja, Colombia: Universidad Santo Tomás.

Jornell, A. A. (2011). Equipos portátiles o móviles. Lima (Perú): UAP (Universidad Alas Peruanas).

Martinez, D. Y. (2017). Introducción a la radiología . Bogota D.C: Fundación universitaria del Área Andina .

Ministerio de protección social. (27 de 12 de 2005). *Decreto 4725*. Recuperado el 20 de 12 de 2021, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18697>

Ministerio de salud. (14 de 3 de 1984). *Decreto 614 del 14 de marzo*. Recuperado el 25 de 1 de 2022, de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1357#:~:text=El%20presente%20Decreto%20determina%20las,el%20del%20mejoramiento%20de%20las>

Ministerio de salud. (12 de 8 de 1990). *Resolución 9031*. Recuperado el 15 de 1 de 2022, de http://www.saludcapital.gov.co/DDS/Documents/Resolucion_9031_de_1990.pdf

Ministerio de salud. (12 de 7 de 1990). Resolución número 9031. Colombia , Colombia.

Ministerio de salud. (6 de 6 de 2013). *Resolución 1441*. Recuperado el 13 de 1 de 2022, de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1441-de-2013.pdf>

Ministerio de salud y protección social. (28 de 6 de 2014). *Resolución 2003*. Recuperado el 1 de 11 de 22, de https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%202003%20de%202014.pdf

Orozco, A. R., & Riascos, M. s. (2019). Programa de aseguramiento metrológico para equipos biomédicos del Hospital Universitario del Valle Evaristo García. Santiago de Cali: Universidad Autónoma del Occidente.

Soto, K. M. (2018). Evaluación de tecnología de equipos de rayos x de la Clínica Belén de Fusagasugá. Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca.

Spellman. (1 de 2022). *high voltage reference manual*. Recuperado el 22 de 01 de 2022, de <https://www.spellmanhv.com/-/media/en/Technical-Resources/Manuals/hv-ref-manual.pdf>

Summit Industries . (s.f.). Non-Rotational tubestand with trasnverse slide, Installation and service manual. *Model No.S114* . Niles: Caldwell ave.

Summit Industries. (s.f.). Wallstand with electric locks - Installation Instruciones . *Model S109*. Niles: Caldwell Ave.

systems, T. T. (2008). Installation manual - standar frequency series generators. Alabama.

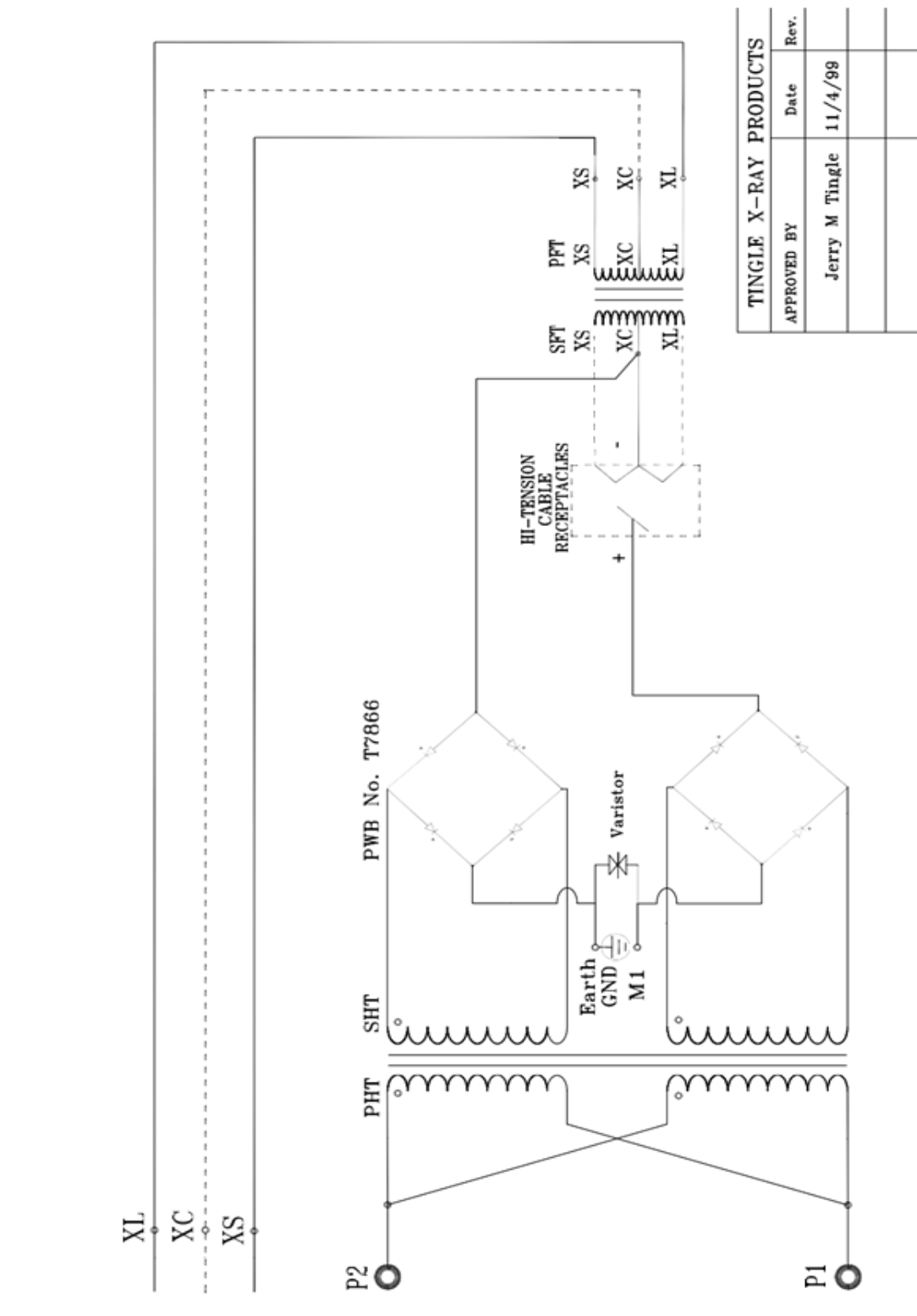
Testani, M. (abril de 2017). Cambio anatómicos intrafracción en la región pélvica masculina, analizado a través de imágenes con tomografía de haz cónico. Caracas.

Universidad de la Castilla- La Mancha. (Enero de 2018). *UCLM.es*. Obtenido de <https://www.uclm.es/-/media/Files/A08-Biblioteca/Archivos/Normas-APA.ashx?la=es>

Villa Sistemi Medicali. (2004). Visitor T15 mobile x-ray system . Buccinasco (Italia).

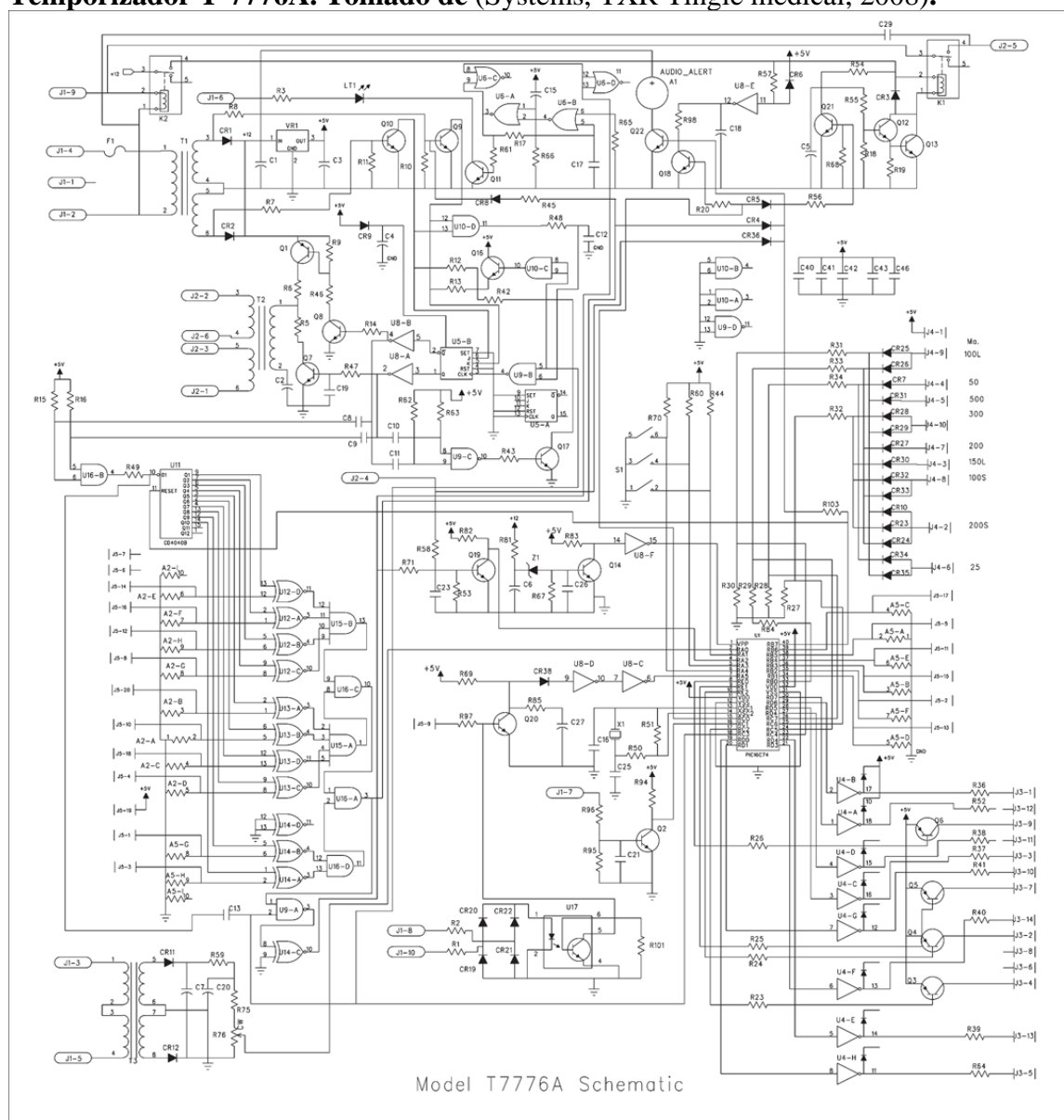
Anexo

Anexo 1. Equipo de imagenología fijo (txr tingle medical). Esquemático generador de alto voltaje trifásico. Tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

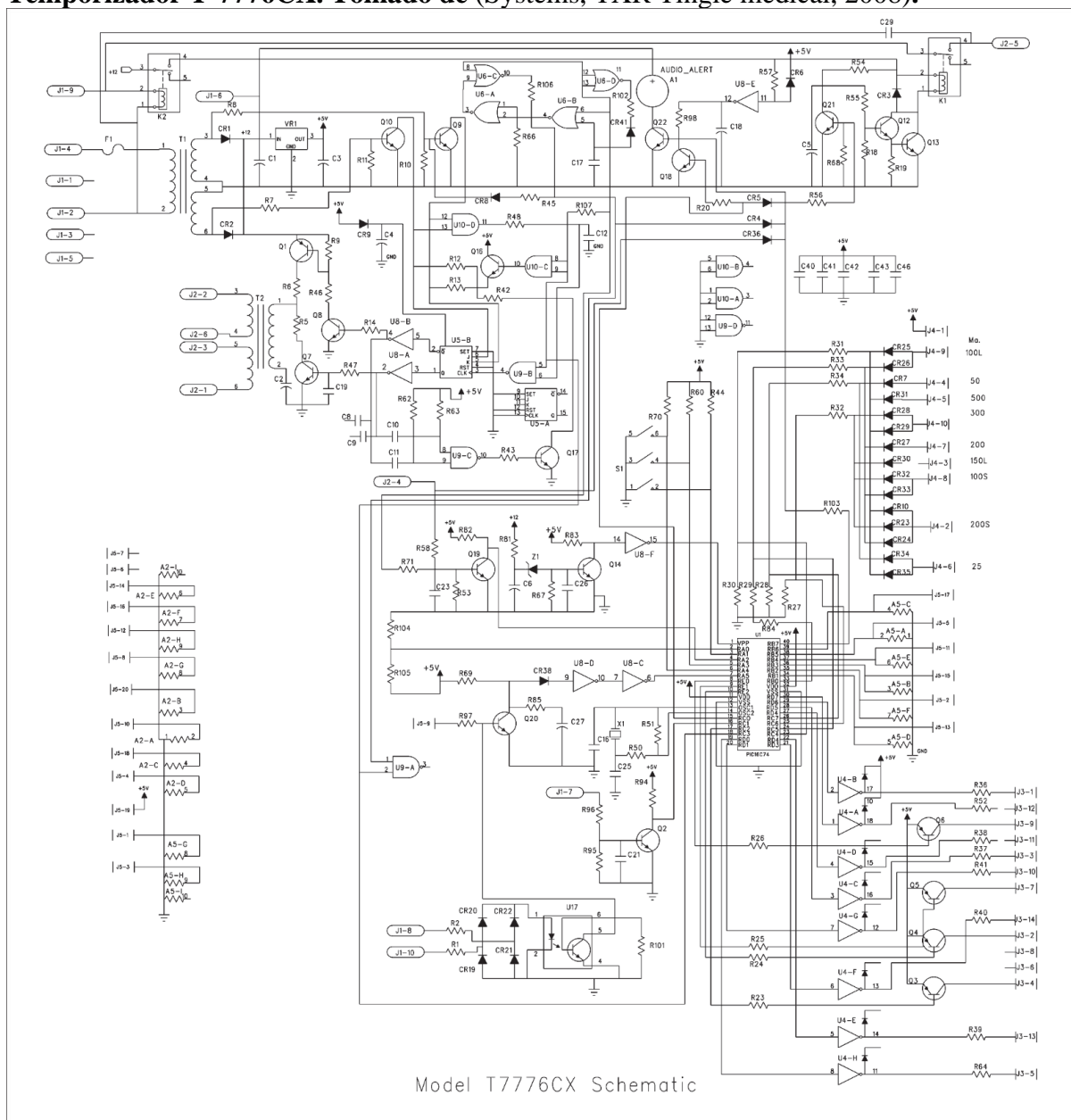


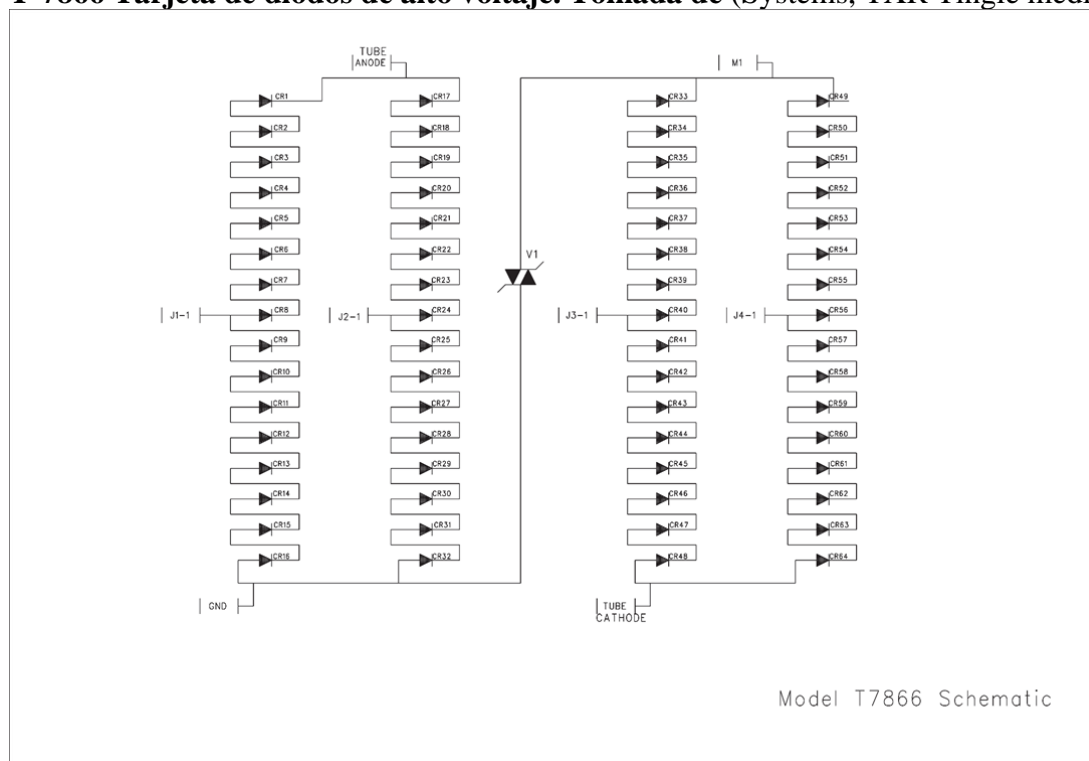
TINGLE X-RAY PRODUCTS		
APPROVED BY	Date	Rev.
Jerry M Tingle	11/4/99	

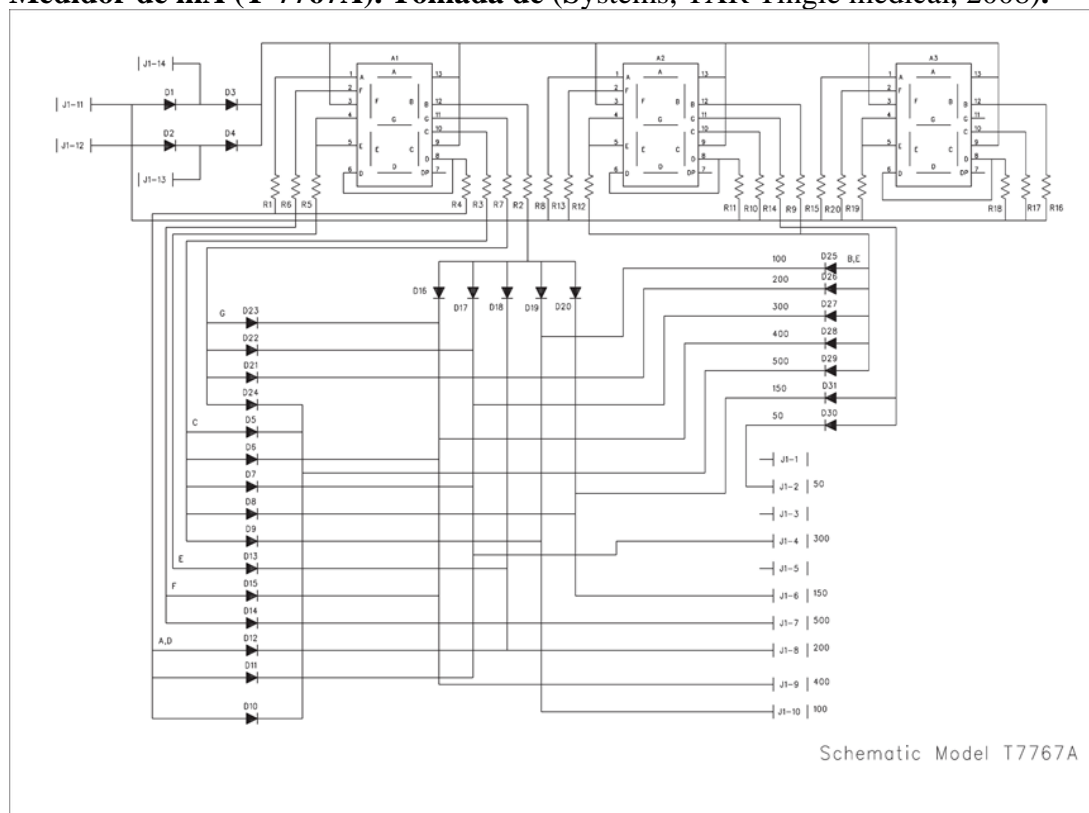
Temporizador T-7776A. Tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).



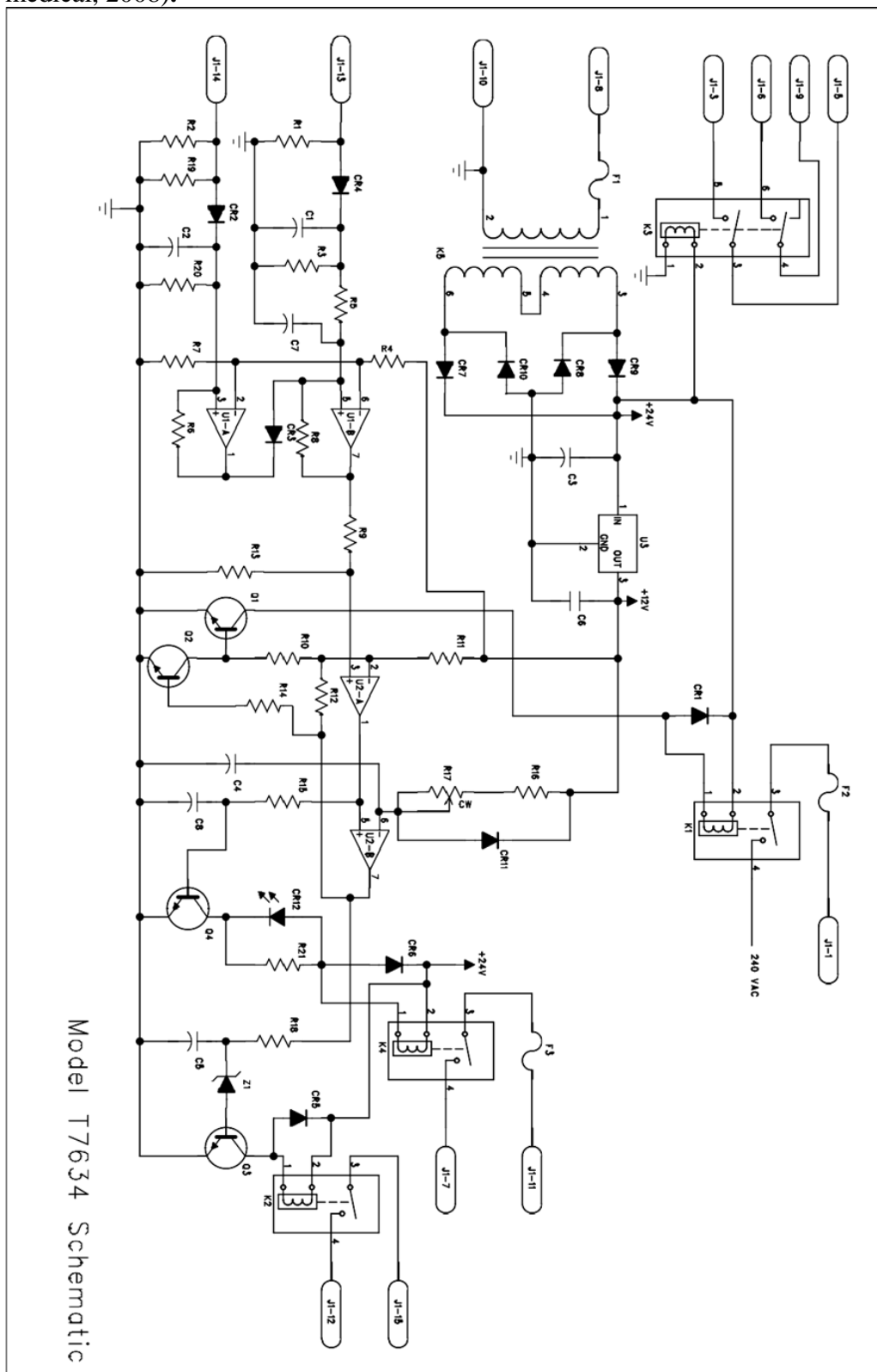
Temporizador T-7776CX. Tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).



T-7866 Tarjeta de diodos de alto voltaje. Tomada de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

Medidor de mA (T-7767A). Tomada de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

Tarjeta modelo T7634 Esquemática control de rotor. Tomada de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).



Model T7634 Schematic

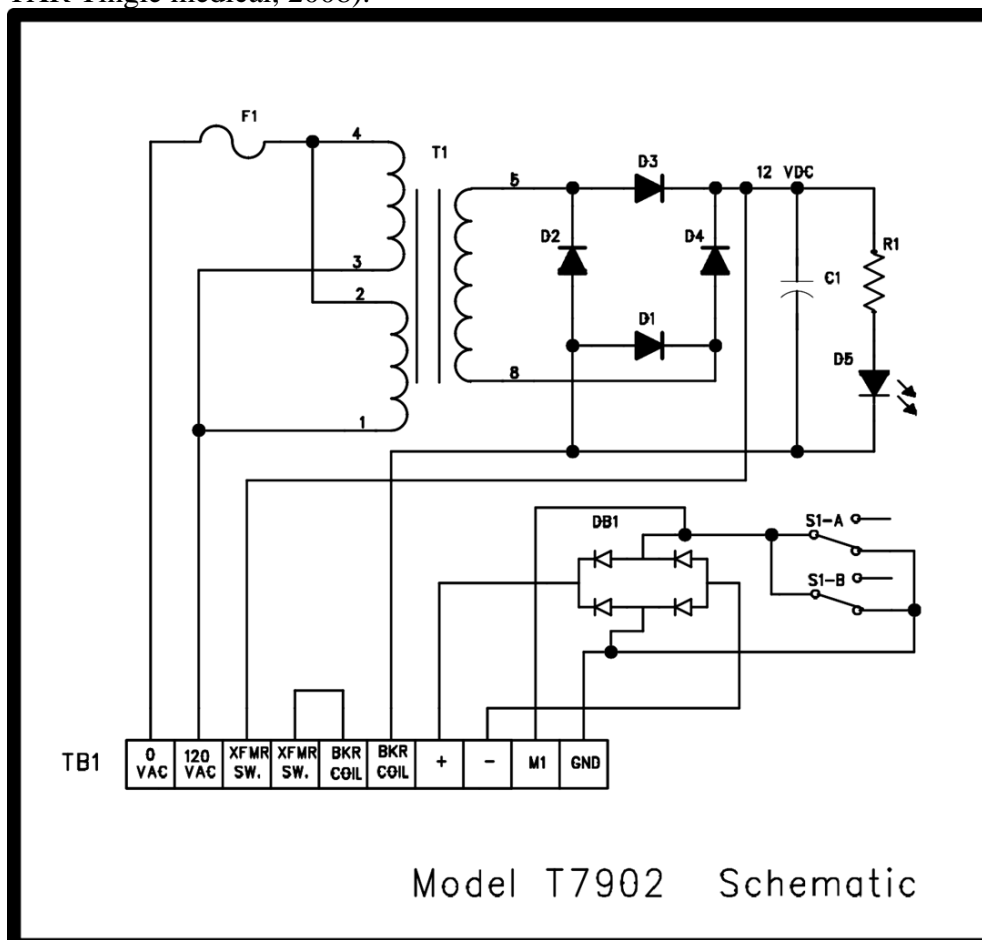
¿Instrucciones de conexión para control de Rx TXR 425. Tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

CONTROL	CAJA DE LÍNEA	POTENCIA REQUERIDA	TAMAÑO DEL DISYUNTOR DE CIRCUITO
L1	L1	TXR 325D y M, TXR 425 240 VCA nominales	monofásico de 80 amperios
L2	L2	TXR 525 SFQ 240 VCA nominal	monofásico de 100 amperios
Tierra	Tierra		

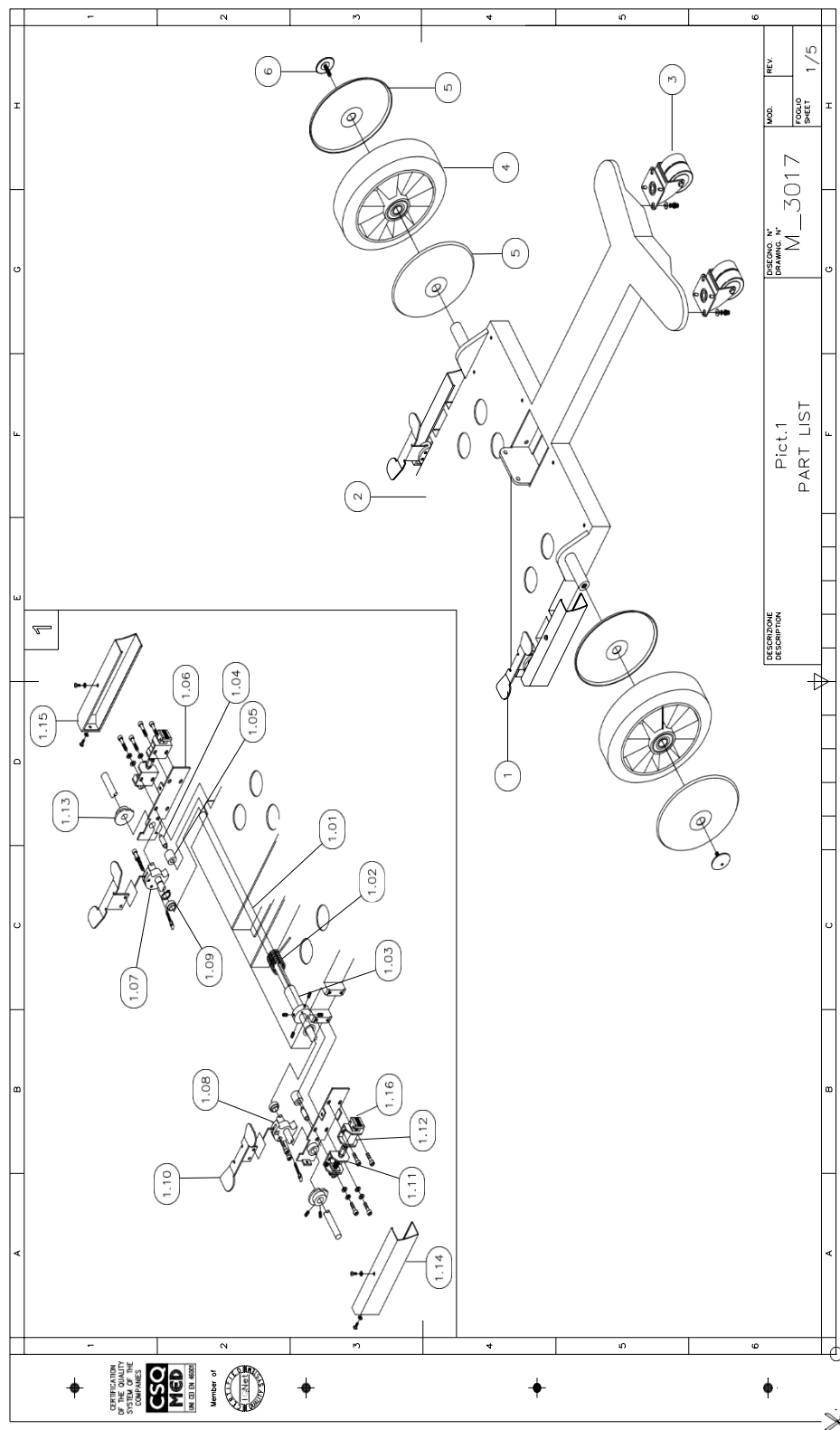
CONTROL	ALTO VOLTAJE TRANSFORMADOR	CONEXIONES BUCKY	
		P1	P1
P2 Tierra	P2 Tierra	Control de rayos-X Tierra	Bucky-- Tierra
XC	XC	B1	B1
XS	XS	B2	B2
SG	SG	B3	B3
M1	M1	B4	B4
		B8	B8

CIRCUITO DE ROTOR	TUBO DE RAYOS-X	INTERRUPTOR TÉRMICO DE TUBO
07	07 (negro)	Conecte el interruptor térmico en serie con el circuito de enclavamiento de seguridad y PBL.
08	08 (Eureka y Toshiba lideran – Rojo) (Plomo Machlett - Verde)	
09	09 (Plomo – Blanco)	P y # 4 (Ver circuito de enclavamiento PBL)
Tierra	Tierra	

Esquemático de conexiones de la tarjeta de calibración térmica y mA. Tomado de (Systems, TXR Tingle medical, 2008).

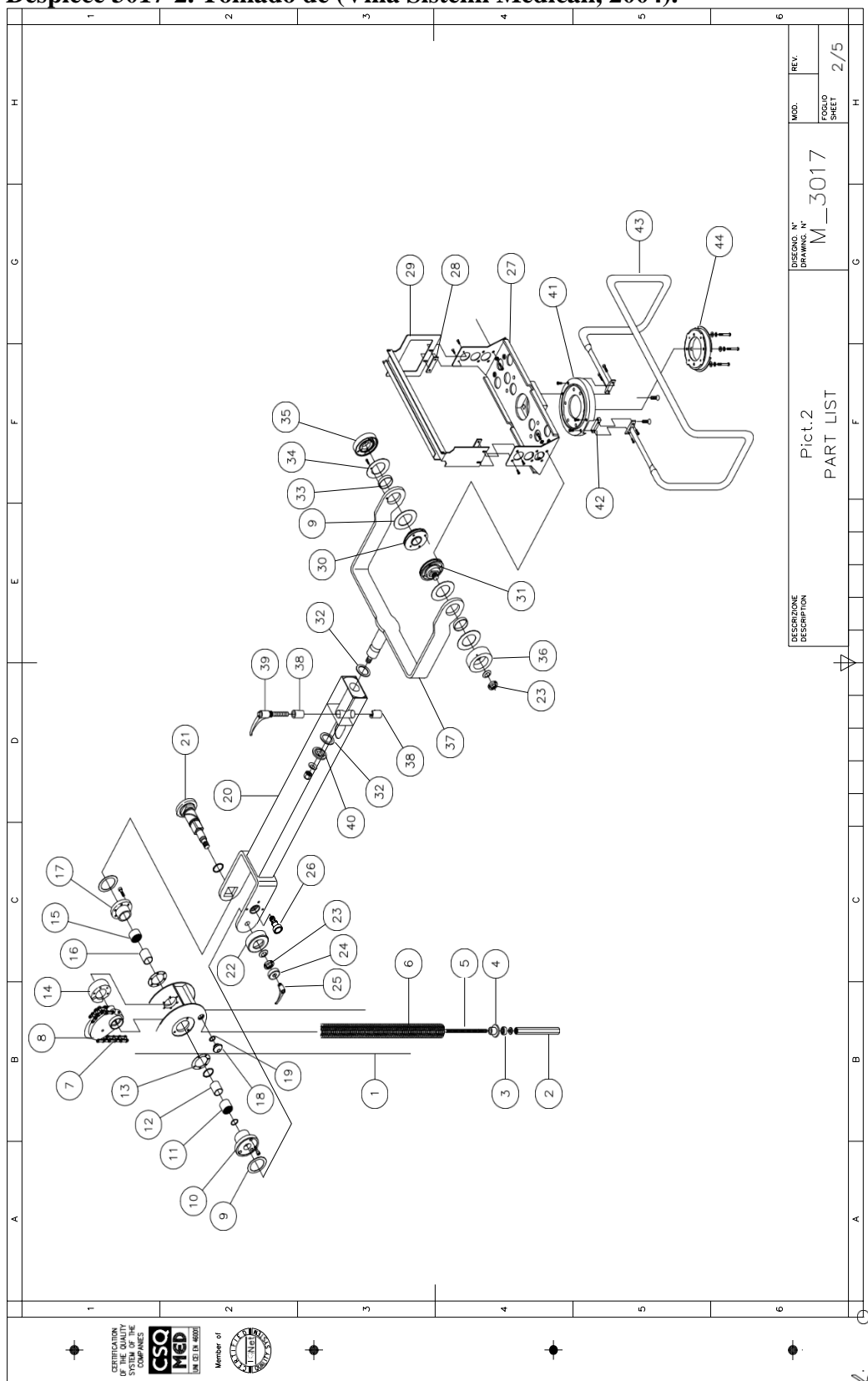


Anexo 2. Equipo de imagenología portátil (t30 villa sistema visitor). Despiece 3017-1. Fuente tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



Member of

Despiece 3017-2. Tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



MOD.	REV.
FOGLIO	2/5
SHEET	

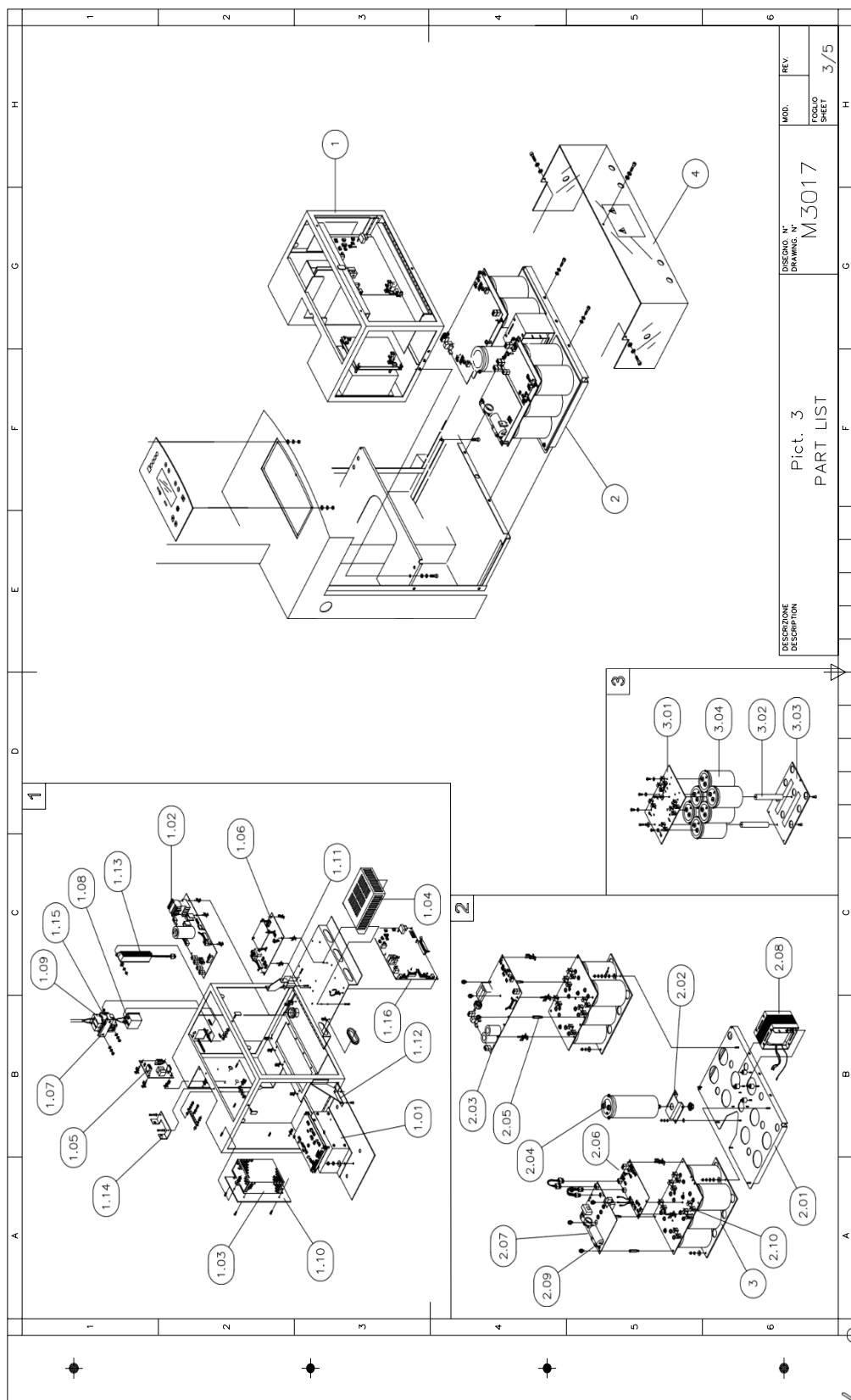
DESIGN N°
DRAWING N°
M_3017

Pict.2
PART LIST

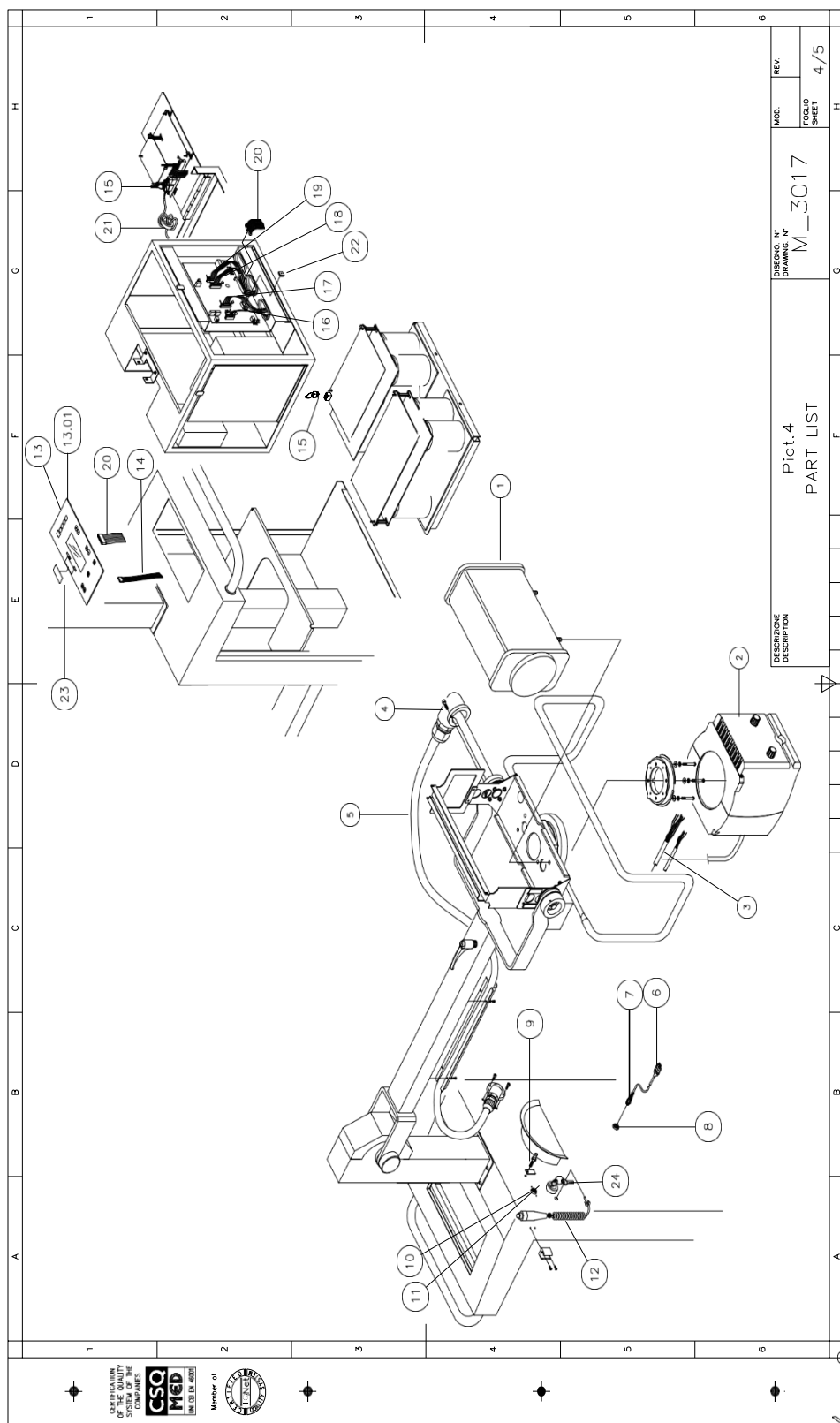
DESCRIPTION
DESCRIPTION



Despiece 3017-3. Tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



Despiece 3017-4. Tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



Descripción de piezas 3017-1. Tomada de (Villa Sistemi Medicali, 2004).

M_3017-1

Pos.	Description	Code	OEM code	RI	
1	BRAKE GROUP	63759			
1,01	PEDAL SHAFT	55868			
1,02	PEDAL SPRING	55872			
1,03	SPRING CONNECTION	55871			
1,04	PIN FOR SHOCK ABSORBER	55917			
1,05	SHOCK ABSORBER	55916			
1,06	BRAKE GROUP SUPPORT	55858			
1,07	LEFT DISK FOR PEDAL POSITIONING	55919			
1,08	RIGHT DISK FOR PEDAL POSITIONING	55920			
1,09	PLASTIC BALL JOINT D.15 IGUBAL'E'	71917			
1,10	PEDAL	55918		2	
1,11	PUSHER FOR BRAKE	63664			
1,12	PADS FOR BRAKE	63665			
1,13	CAMS	55865			
1,14	RIGHT BRAKE COVER GREY RAL 7038	55869-V17			
1,15	LEFT BRAKE COVER GREY RAL 7038	55870-V17			
1,16	PAD	55866		2	
2	BASEMENT GREY RAL 7038	55875-V17			
3	DOUBLE ANTISTATIC RUBBER WHEEL80x20mm	72260		2	
4	GREY RUBBER WHEEL D250X50 L7251	72081		2	
5	WHEELS COVER GREY RAL 7038	55873-V17			
6	SCREW FOR WHEELS FIXING	55874			

Descripción de piezas 3017-2. Tomada de (Villa Sistemi Medicali, 2004).

M_3017-2

Pos.	Description	Code	OEM code	RI
1	WELDED COLUMN	55808-V16		
2	NUT FOR TIE ROD	54271		
3	RADIAL BALL JOINT GE-12E	71402		
4	BUSH FOR SPRING	52423		
5	SPRING TIE ROD	57256		
6	SPRING FOR ARM	54272		
7	CHAIN	57257		
8	CAM	57245		
9	CLUTCH DISK	54251		
10	RIGHT FLANGE FOR ARM ROTATION	54112		
11	NEEDLE BEARING INA HK2526 DIN618	71891		
12	INTERNAL RING IR 20x25x30 DIN620	71893		
13	SHIMMING RING	55845		
14	TRAVERSE LIMITATION	54109		
15	NEEDLE BEARINGS INA HK3520 DIN618	71892		
16	INTERNAL RING IR 30x35x30 DIN620	71899		
17	LEFT FLANGE FOR MONOBLOC ROTATION	54111		
18	REFERENCE FERRULE	55806		
19	WASHER	55807		
20	ARM FOR MONOBLOC MOVEMENT	55800/A-V16		
21	CENTRAL PIN	55804		
22	FLANGE FOR CENTRAL SHAFT	52116		
23	SELF-LOCKING RING NUT GUK M15x1 DIN 981	71411		
24	LOCKING BUSH	55805		
25	HANDLE ERX.78-B M12 C3 RAL 7035	72069		2
26	LIMIT SWITCH GN607.1	72077		2
27	MONOBLOC SUPPORT	54102/A		
28	PLATE	54127		
29	MONOBLOC COVER SUPPORT	54126		
30	LEFT FLANGE FOR MONOBLOC ROTATION	54120		
31	RIGHT FLANGE FOR MONOBLOC ROTATION	54118		
32	WASHER FOR MONOBLOC FORK PIN	52395		
33	RING	54253		
34	CLUTCH DISK	54252		
35	EXTERNAL RIGHT FLANGE FOR MONOBLOC ROTATION	54119		
36	EXTERNAL LEFT FLANGE FOR MONOBLOC ROTATION	54121		
37	SUPPORTING BRACKET OF THE MONOBLOC GROUP	54125		
38	CLAMP	52141		
39	HANDLE ERX 78-p M10x40 RAL7035	71712		1
40	WASHER	54122		
41	MONOBLOCK HANDLE FLANGE GREY RAL 7038	56020-V17		
42	BLOCK FOR HANDLE FIXING	56024		
43	MONOBLOC HANDLE GREY RAL 7038	56023-V17		
44	ROTATING ADAPTER	54290		

Anexo 3. Descripción de piezas 3017-3. Tomada de (Villa Sistemi Medicali, 2004).

M_3017-3

Pos.	Description	Code	OEM code	RJ	
1	CONTROL UNIT GROUP 15KW	63653/A/2			
1,01	INVERTER IHF2015 WITH LABEL	63739			
1,02	BOARD B3 - STARTER + ON/OFF	01687/B			
1,03	POWER SUPPLY SWITCHING MPS150-12 AL1-12	11858		1	
1,04	POWER SUPPLY SWITCHING 65MWQ-515 AL2-515	11859		1	
1,05	BOARD B8 - HANDSWITCH & POTTER	01651			
1,06	BOARD B7 - FILAMENT 20kHz	01647/A			
1,07	OMEGA GUIDE FOR AUTOMATIC SWITCH	51803			
1,08	FILTER CORCOM 3A/200V 3EP1	11920			
1,09	AUTOMATIC SWITCH A&B 16A 1492SP2C160	11889			
1,10	POWER SUPPLY SUPPORT	55857			
1,11	MICRO SUPPORT LOCK	55907			
1,12	INVERTER SUPPORT LOCK	55906			
1,13	RESISTOR 80E-150W	05692			
1,14	FIXING SQUARE	55921			
1,15	GND SCREW CLAMP 6mmq USLKG6N PHOENIX 0442079	11157			
1,16	BOARD B2 - PROCESSOR CONTROL	01669/A			
2	POWER UNIT GROUP WITH CAPACITORS 18500uF	63770/2			
2,01	PLATE FOR CAPACITORS	56794			
2,02	CAPACITOR SUPPORT	54247			
2,03	BOARD B4 - CHARGER	01643			
2,04	ELECTROLYTIC CAPACITOR 10000uF/400VDC	11865			
2,05	SPACER	54257			
2,06	BOARD B5 - CONTROL CHOPPER	01644			
2,07	BOARD B6 - CHOPPER	01645			
2,08	INDUCTANCE 1.4mH-30A	04121			
2,09	CERAMIC FAST FUSE 63A/660V ETF	11456			
2,10	CERAMIC FUSE 10v38 20A-gG-500V	12288			
3	CAPACITORS BATTERY 18500uF	62901/2			
3,01	6 CAPACITORS BATTERY BOARD	01642/A			
3,02	CAPACITORS BATTERY SPACER	54254			
3,03	CAPACITORS PLATE	56795			
3,04	ELECTROLYTIC CAPACITOR 18500uF/350VDC	12135			
4	POWER UNIT PROTECTION	54249			

Descripción de piezas 3017-4. Tomada de (Villa Sistemi Medicali, 2004).

M_3017-4

Pos.	Description	Code	OEM code	RI
1	MONOBLOC GROUP - MHF 2015	63387/6		
2	SQUARE COLLIMATOR R 221/027/A+ GUIDES	12193		
3	COLLIMATOR CABLE	05691		2
4	METALIC CONNECTOR PG21 90° BLACK	52949-V03		
5	TABLE-MONOBLOC CONNECTING CABLE	05831		1
6	MAINS CABLE (LG.8MT WITHOUT PLUG)	05830		
7	BLACK PLASTIC PUSHING CABLE 3240 FLEX LTF 9	11246		2
8	BLACK PLASTIC LOCK NUT PG9 3210B	11249		2
9	MALE EQUIPOTENTIAL TERMINAL PPOAGS 6/25	11454		
10	POTTER CABLE LG.75CM	05833		
11	POTTER CONNECTOR KIT	63659		2
12	X-RAY HANDSWITCH	05341		1
13	COMPLETE KEYBOARD TMS150	56973		
13	COMPLETE KEYBOARD VISITOR T15	56977		
14	FLAT AMP-MODU 8 POLES CONTROLPANEL - B0	05021		
15	FAST CABLE 2+4 POLES LG.60CM	05678		
16	FLAT CABLE 14 POLES LG.50CM	05842		
17	FLAT CABLE 26 POLES LG.60cm	05670		
18	FLAT CABLE 20 POLES 50cm	05671		
19	FLAT CABLE 16 POLES LG.45CM	05673		
20	FLAT CABLE 26 POLES LG.80CM	05841		
21	FERRITE FAIR RITE ART.2643801002	11919		
22	FIRMWARE TMS150 V.3.xx.xx	02552		

Descripción de piezas 3017-5. Tomada de (Villa Sistemi Medicali, 2004).

M_3017-5

Pos.	Description	Code	OEM code	RI
1	CASING	55821-V16		
2	CABLE WINDING	54154-V16		
3	PROFILE	55940-V16		
4	HOUSING COVER	55934-V16		
5	UPPER COLUMN COVERING	55818-V16		
6	SQUARE	54153		
7	HANDLE ELESA + CAPS RAL7021	71933		2
8	HANDLE GREY RAL 7038	55832-V17		
9	CASSETTE HOLDER	54690		
10	UPPER PIN FOR CASSETTE-HOLDERCONNECTION	52429		2
11	FRONT COVER	55842-V16		
12	REAR MONOBLOC COVER ASSEMBLY	62942		
13	FRONT MONOBLOC COVER	54101-V16		
14	LARGE HEADED SCREW M5x15	52758		2
15	COMPLETE GONIOMETER	54988		
16	DISK FOR GONIOMETER CASE	54128		
17	TOUCH-UP PAINT KIT RAL 9002 +RAL 7038	63750/2		
18	SPARE PARTS KIT	62918/2		
19	LABELS KIT AND CAPS	63831/2		
20	IONIZATION CHAMBER PTW-FreiburDIAMENTOR PX - T11020	12192		1
21	MANUALS ON CD ROM - VISITOR T15 - DOUBLE LENGUAGE	63833/2		
22	TOOL FOR CLUTCH ADJUSTMENT	52662		1
23	HALOGEN LAMP PHILIPS 12V-100W	11449		1

Descripción general del montaje de componentes fundamentales. Tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).

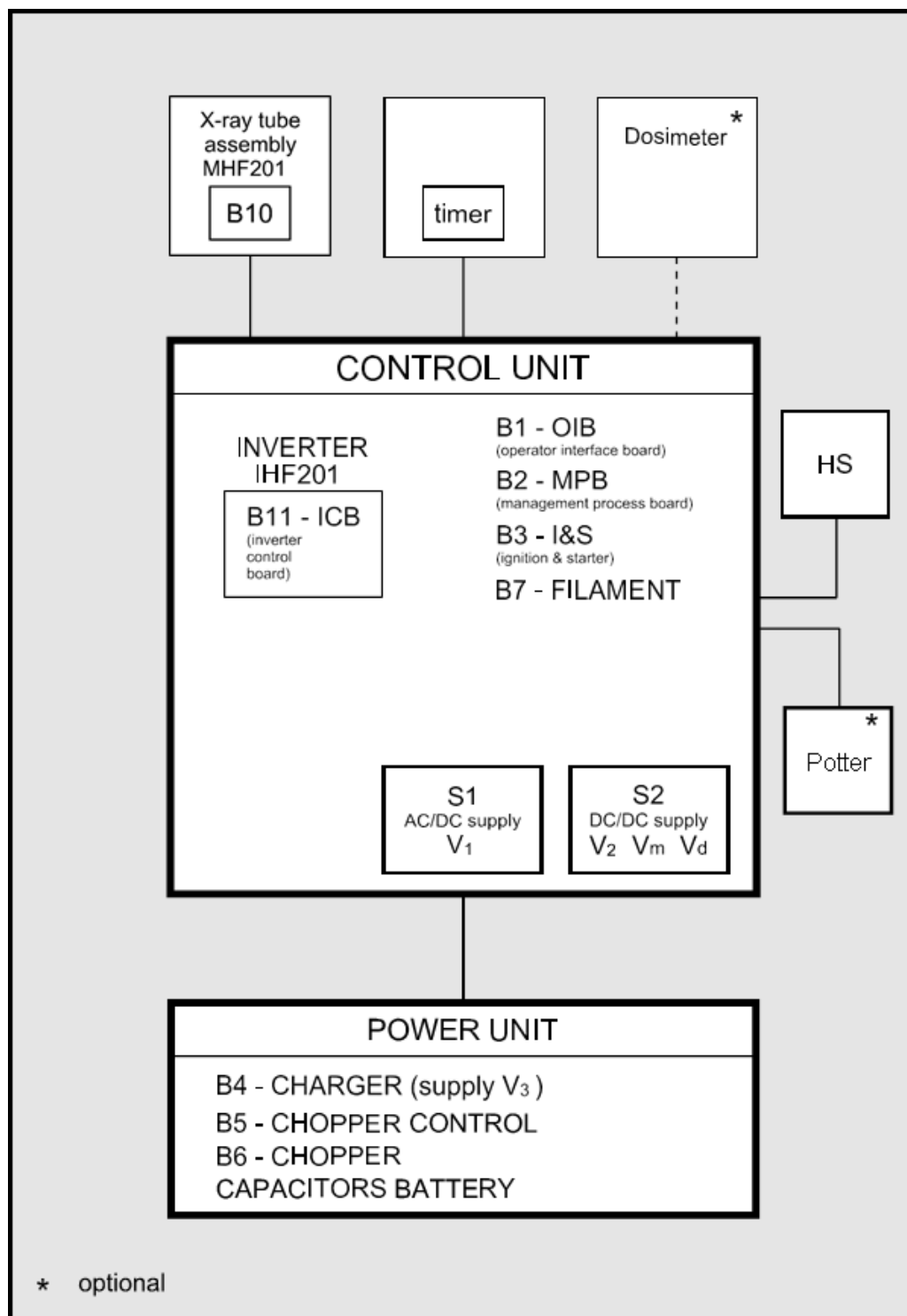
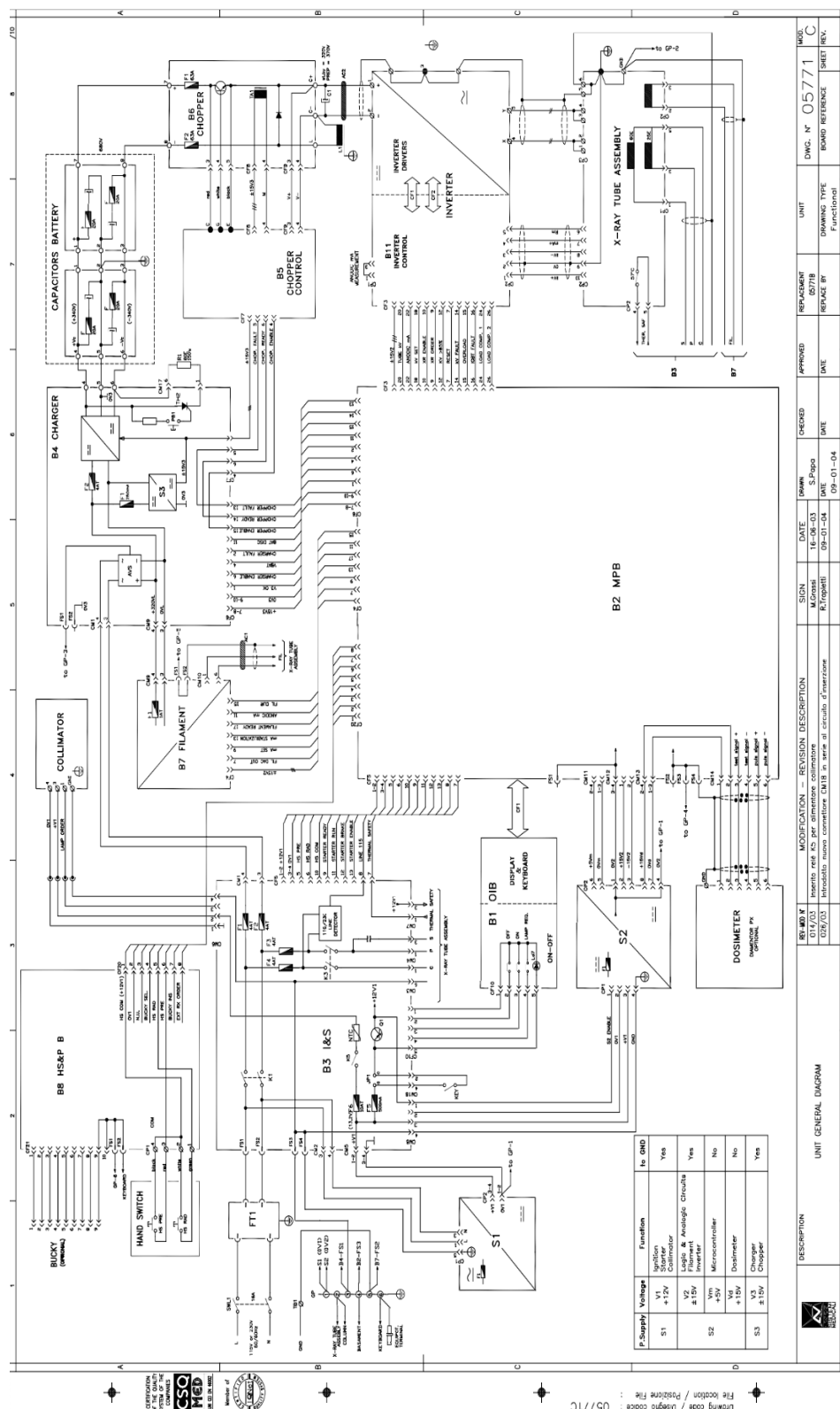
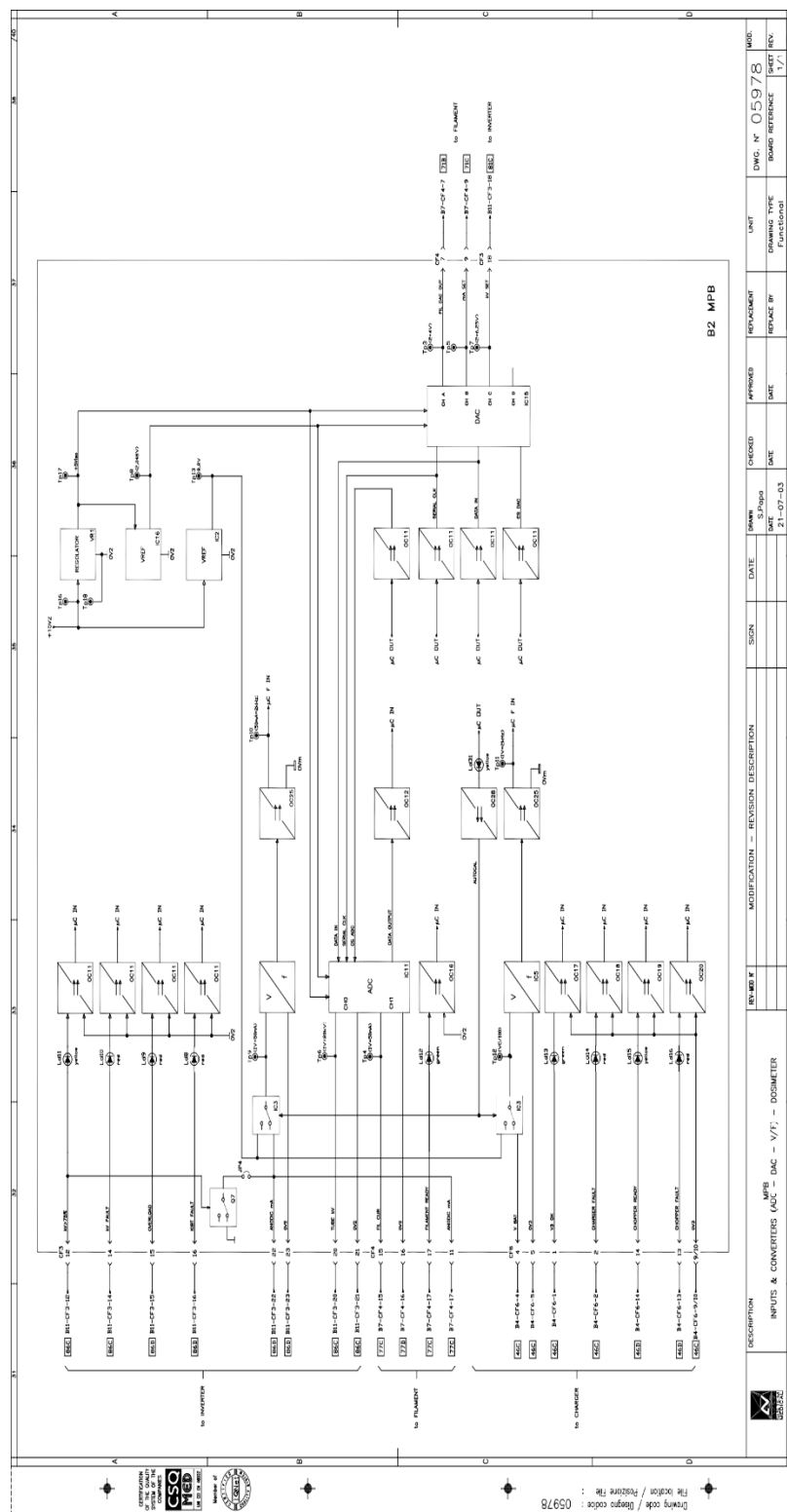


Diagrama general electrónico del equipo de imagenología. Tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



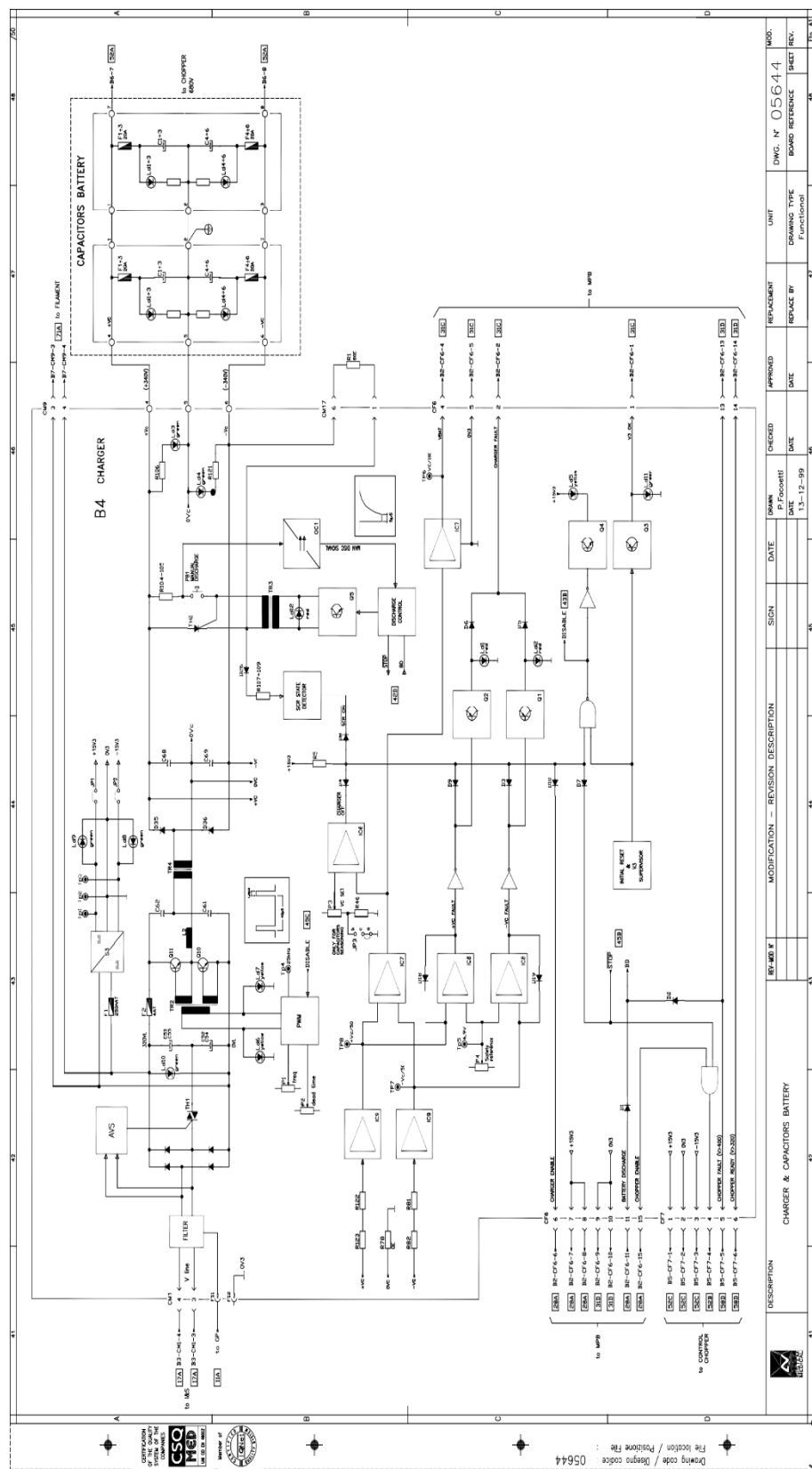
Drawing code / Posizione codice : 05771C
File location / Posizione file :

Entradas/salidas de los convertidores (DC/AC). Tomada de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



Drawing code / Design code : 05978
 File location / Register file :

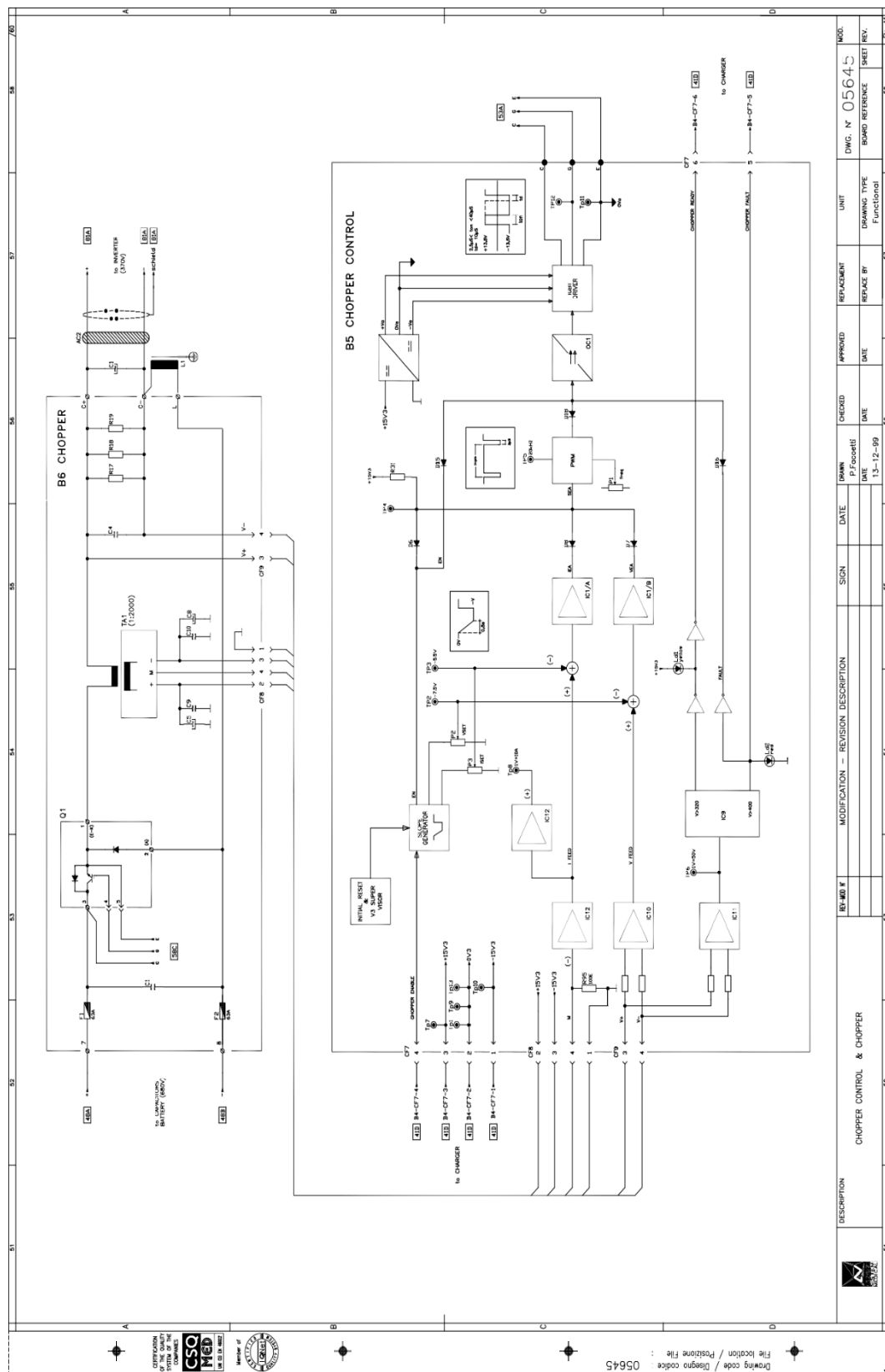
Condensador, batería y cargador. Tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



Drawing code / Revision code : 05644
 File location / Position file :
 Drawing code / Revision code : 05644

DESCRIPTION		CHARGER & CAPACITORS BATTERY	
REF. MOD. #	MODIFICATION - REVISION DESCRIPTION	SIGN	DATE
DRAWN	FOOTNOTES	DATE	DATE
		1.3-12-89	
CHECKED	APPROVED	DATE	DATE
REPLACEMENT	UNIT	DRAWING TYPE	MOS.
REPLACE BY	Functional	BOARD REFERENCE	SHEET REV.

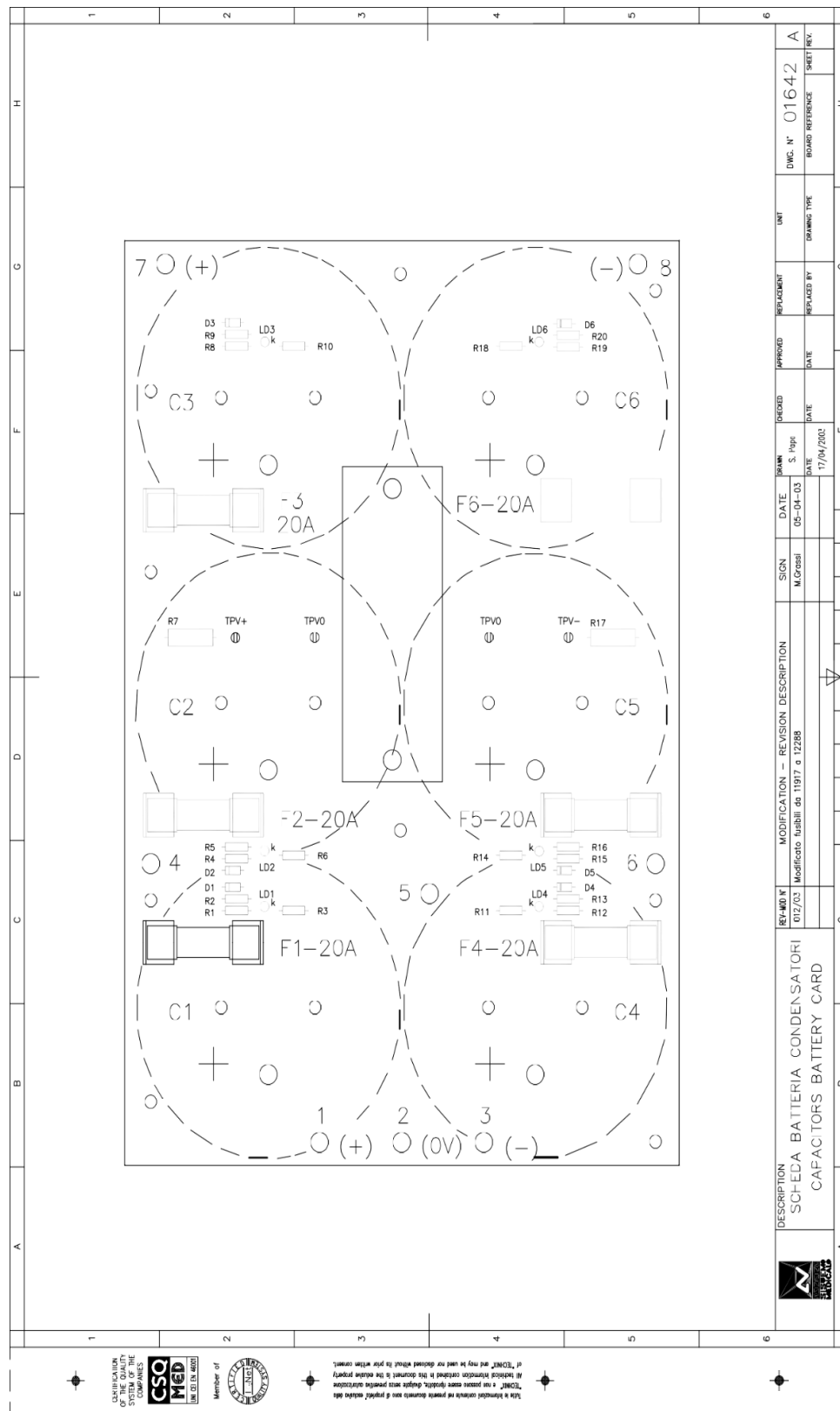
Control del Chopper. Tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



Proving code / Design code : 05645
 File location / Position file :



Tablero de baterías y condensadores. Tomado de (Villa Sistemi Medicali, 2004).



Nota: Il presente documento non può essere ristampato o copiato senza permesso scritto dalla Villa Sistemi Medicali. Il presente documento è riservato alla Villa Sistemi Medicali. Il presente documento è riservato alla Villa Sistemi Medicali. Il presente documento è riservato alla Villa Sistemi Medicali.



DESCRIPTION
 SCHEDA BATTERIA CONDENSATORI
 CAPACITORS BATTERY CARD

REV-NO 012/03
 MODIFICAZIONE - REVISION DESCRIPTION
 Modificato fusibili da 11917 a 12288

SIGN
 M. Grassi

DATE
 05-04-03

APPROVED
 DATE

UNIT
 BOARD REFERENCE
 01642
 SHEET REV.
 A