Implementación de soluciones de automatización para autoclaves biomédicos y análisis de viabilidad para el desarrollo de PLC propios

Modalidad: Práctica empresarial

John Sebastian Herrera Abril
CC. 1003250808

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Implementación de Sistemas Electrónicos Industriales
Bucaramanga (08/09/2026)

Implementación de soluciones de automatización para autoclaves biomédicos y análisis de viabilidad para el desarrollo de PLC propios

Modalidad: Práctica empresarial

John Sebastian Herrera Abril
CC. 1003250808

Informe de práctica para optar al título de
Tecnólogo en Implementación de Sistemas Electrónicos Industriales

DIRECTOR
Cristhiam Jesid Gutiérrez Lozano

NAVARRO BALLESTEROS LEONARDO JOSE
GERENTE GENERAL

Grupo de Investigación - GICAV

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Implementación de Sistemas Electrónicos Industriales
Bucaramanga (08/09/2026)

Nota de Aceptación

Este informe final de trabajo de grado,
en modalidad Práctica Empresarial fue APROBADO
en cumplimiento de uno de los requisitos exigidos por la
Institución Universitaria Tecnológica de Santander
para optar el Título de Tecnólogo en Implementación
de Sistemas Electrónicos Industriales,
según acta No. 21 del 19 de octubre del 2026,
del Comité de Trabajo de Grado

Nathaly Murcia S.

Firma del Evaluador: Nathaly Murcia Sepúlveda

Firma del Director: Cristhiam Jesid Gutiérrez Lozano

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mi familia, por estar presente durante este proceso y brindarme su apoyo y comprensión.

A mis padres, por sus enseñanzas, consejos y por impulsarme a continuar adelante ante las dificultades.

También dedico este logro a todas aquellas personas que aportaron a mi formación y que, de alguna manera, hicieron parte del camino que me permitió alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a mi familia por el apoyo, la comprensión y el acompañamiento que me brindaron durante esta etapa.

A la institución y a los docentes que contribuyeron a mi formación académica, por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi carrera.

A la empresa y a todas las personas que hicieron posible la realización de mis prácticas, por la confianza, orientación y oportunidad de fortalecer mis conocimientos mediante la experiencia adquirida.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de alguna manera aportaron a mi formación y al desarrollo de este trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA 3

AGRADECIMIENTOS 4
INTRODUCCIÓN 10
1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD 11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 12
2.1. Descripción de la Problemática 12
2.2. Justificación de la Práctica 12
2.3. Objetivos 13
2.3.1. Objetivo General 13
2.3.2. Objetivos Específicos 13
2.4. Antecedentes de la Empresa 13
3. MARCO REFERENCIAL 13
3.1. Marco Teórico y Conceptual 13
3.2. Marco Legal y Normativo 14
4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA 15
4.1. Diagnóstico y Mantenimiento de Autoclaves 15
4.1.1. Inspección inicial del autoclave Automat 3000 15
4.1.2. Diagnóstico electrónico y fallas detectadas 18
4.1.3. Reparación e intervención de componentes 22
4.1.4. Restauración física y pintura del chasis 28
4.1.5. Pruebas de funcionamiento, presión y temperatura 32
4.1.6. Resultados del mantenimiento del Automat 3000 38
4.2. Mantenimiento y Verificación de Equipos de Rayos X 42
4.2.1. Inspección inicial del Siemens Polymobil Plus 42
4.2.2. Verificación de colimación y coincidencia de campo 46
4.2.3. Medición de parámetros mediante RaySafe X2 50
4.2.4. Análisis de pruebas en equipos de Rayos X 55
4.3. Organización de Bodega e Inventarios (5S) 58
4.3.1. Clasificación y organización de repuestos 61
4.3.2. Registro y control digital del inventario 65
4.3.3. Verificación final de la bodega organizada 68
4.4. Diseño de Tarjeta Temporizadora Universal 71
4.4.1. Diseño y simulación en Proteus 71
4.4.2. Montaje y comprobación en protoboard 73
4.4.3. Elaboración y ensamble de la PCB 75
4.4.4. Prueba de temporización con halógeno 77
5. RESULTADOS 80
5.1. Cumplimiento del Objetivo 1: Autoclave Automat 3000 80
5.2. Cumplimiento del Objetivo 2: Rayos X y PCB Temporizadora 83
5.3. Cumplimiento del Objetivo 3: Bodega e Inventario 5S 86
5.4. Resumen General de Resultados de la Práctica 89

6. CONSIDERACIONES ÉTICAS 91
7. CONCLUSIONES 93
8. RECOMENDACIONES 95
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 97
10. APÉNDICES 101
11. ANEXOS 108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S. 15
Figura 2. Autoclave Automat 3000 durante la inspección inicial 22
Figura 3. Revisión de tarjeta electrónica y control del Automat 3000 25
Figura 4. Reparación de pistas en el teclado de membrana 27
Figura 5. Verificación del panel de control tras la reparación 28
Figura 6. Sensor de presión MPX5700DP instalado en el sistema 30
Figura 7. Verificación de conexiones del sensor MPX5700DP 31
Figura 8. Revisión de conexiones de la tarjeta electrónica 33
Figura 9. Desmontaje externo del Automat 3000 para restauración 35
Figura 10. Preparación y lijado de superficies del chasis 37
Figura 11. Aplicación de imprimante sobre superficies del chasis 39
Figura 12. Aplicación de pintura de acabado en el chasis 41
Figura 13. Lectura inicial en display durante inicialización (32 °C) 44
Figura 14. Equipo de Rayos X Siemens Polymobil Plus en inspección 47
Figura 15. Revisión del sistema de colimación de Rayos X 50
Figura 16. Verificación del campo luminoso del colimador 53
Figura 17. Dispositivo de prueba para coincidencia de campo 55
Figura 18. Resultado de la prueba de coincidencia de campo 58
Figura 19. Ubicación del analizador RaySafe X2 en medición 61
Figura 20. Lectura de parámetros registrada en RaySafe X2 64
Figura 21. Equipo de Rayos X tras revisión y verificación 68
Figura 22. Estado inicial del área de almacenamiento 71
Figura 23. Diagrama esquemático del circuito en Proteus 74
Figura 24. Montaje inicial del circuito en protoboard 75
Figura 25. Tarjeta PCB temporizadora ensamblada y finalizada 76
Figura 26. Prueba de funcionamiento con halógeno (16,7 s) 77
Figura 27. Estado final de la bodega organizada tras 5S 82
Figura 28. Diagrama esquemático del temporizador en Proteus 83
Figura 29. Montaje en protoboard del temporizador para pruebas 84
Figura 30. Tarjeta temporizadora universal ensamblada 85
Figura 31. Prueba de la tarjeta temporizadora con halógeno (16,7 s) 85
Figura 32. Ficha técnica del autoclave Automat 3000 101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características generales del autoclave Automat 3000 23
Tabla 2. Especificaciones nominales vs. operativas del sensor MPX5700DP 27
Tabla 3. Lecturas registradas durante la prueba de inicialización del Automat 3000 43
Tabla 4. Lecturas registradas durante la prueba de calentamiento del Automat 3000 45
Tabla 5. Registro de parámetros seleccionados y medidos en Rayos X 63
Tabla 6. Comparación de condiciones operativas en pruebas del Automat 3000 72
Tabla 7. Resultados obtenidos con el analizador RaySafe X2 74
Tabla 8. Resultados obtenidos en la organización de la bodega 75
Tabla 9. Resumen de los principales resultados de la práctica profesional 77

INTRODUCCIÓN

La gestión tecnológica dentro del sector salud constituye un pilar estratégico para garantizar la calidad, seguridad y oportunidad en la prestación de los servicios de salud (OPS, 2020). En las instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS), la infraestructura de equipos biomédicos requiere un ciclo de vida gestionado minuciosamente, donde las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo resultan indispensables para mitigar riesgos metrológicos, fallas operativas e infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018). Dentro de este panorama, los equipos dedicados a la esterilización por vapor como los autoclaves y los sistemas de diagnóstico por imagen como los equipos de Rayos X demandan protocolos técnicos de alta precisión debido a su impacto directo en la bioseguridad del paciente y en el diagnóstico clínico (*Ochoa & Rodríguez, 2021).*

Pese a que la literatura técnica en ingeniería biomédica abarca de manera amplia los principios físicos de la radiación ionizante y los ciclos termodinámicos de esterilización, suele observarse una brecha práctica en el ámbito de los talleres de soporte técnico regional. En estos espacios, la gestión del mantenimiento correctivo no solo implica la resolución de fallas electrónicas o electromecánicas específicas, sino también la restauración estructural de componentes expuestos a ambientes agresivos y la reorganización de los flujos de trabajo físicos. El presente trabajo de grado aborda esta necesidad integral mediante la intervención directa en equipos críticos (autoclaves Automat 3000 y equipos de Rayos X) y la implementación de un sistema de control visual e inventarios en bodega, aportando un modelo de soporte técnico aplicable a pequeñas y medianas empresas de servicio biomédico.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la práctica profesional, se estructuró una metodología dividida en tres etapas operativas:

1. **Etapa de Diagnóstico e Intervención Electromecánica en Autoclaves:** Se ejecutaron pruebas de inspección visual, continuidad en circuitos y análisis de señales analógicas y digitales en las tarjetas de control del autoclave Automat 3000. Se detectaron fallas en la interfaz del teclado de membrana flex y en los módulos de medición de presión basados en el sensor semiconductor MPX5700DP. Asimismo, se realizó la desintegración del chasis metálico para someter las láminas a procesos de enmascarado, aplicación de recubrimientos protectores de pintura y posterior reensamblaje, finalizando con la validación de parámetros de temperatura (°C), presión (PSI) y tiempo (min) mediante pruebas operativas de ciclado.
2. **Etapa de Verificación Metrológica en Equipos de Rayos X:** Se aplicaron protocolos de control de calidad e inspección óptica sobre el sistema

colimador para garantizar la coincidencia del campo luminoso con el área de radiación. Mediante la utilización de detectores semiconductores multicanal (tipo Piranha), se midió la salida real de dosis, tensión de tubo (kVp) y tiempo de exposición (ms), comparando los valores registrados frente a las selecciones del panel de control del equipo para evaluar la linealidad y repetibilidad de la radiación.

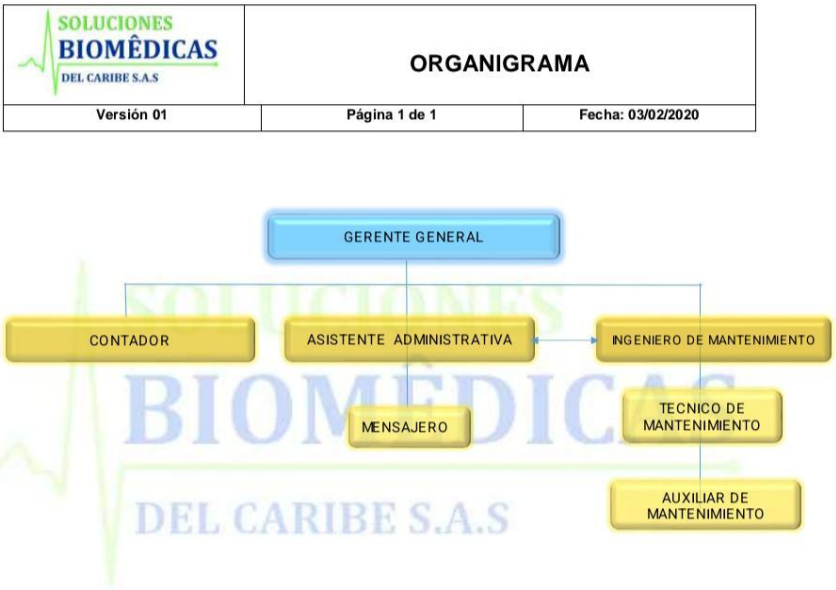
3. **Etapa de Reestructuración e Inventario Operativo en Bodega:** Se aplicaron principios de la metodología de gestión visual (5S) en las áreas de almacenamiento del taller técnico. Las actividades incluyeron la clasificación de insumos eléctricos, la segregación de tarjetas electrónicas y repuestos biomédicos específicos (como componentes para mamógrafos Mammomat 1000 y reguladores de oxígeno), la implementación de etiquetado descriptivo y la disposición lógica en estanterías para optimizar la trazabilidad y reducir los tiempos de respuesta en intervenciones de mantenimiento.

Como conclusión principal del desarrollo de la práctica, se logró restablecer la operatividad total y la apariencia estética de los autoclaves intervenidos, garantizando la fidelidad de lectura de las variables operativas en display. En los sistemas de Rayos X, se verificó un grado de desviación aceptable entre los parámetros nominales y los medidos, ratificando la precisión del equipo dentro de los márgenes de tolerancia normativa. Adicionalmente, la reorganización del taller permitió establecer un sistema de inventario funcional que redujo significativamente los tiempos de búsqueda y selección de repuestos críticos. Se recomienda a la organización mantener un programa continuado de auditorías sobre el stock de bodega y formalizar guías rápidas de mantenimiento preventivo para la etapa de enmascarado y protección de chasis en equipos sometidos a humedad constante.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD

Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S. es una organización del sector biomédico dedicada a la prestación de servicios de ingeniería, soporte técnico, mantenimiento preventivo y correctivo, y modernización de equipos médicos y de diagnóstico por imagen. Su estructura organizacional se encuentra encabezada por la Gerencia General, encargada del direccionamiento estratégico y de la cual dependen las áreas de Contabilidad y Asistencia Administrativa para la gestión operativa y financiera. La operación técnica es articulada a través del departamento de Logística y Mensajería y la Jefatura de Mantenimiento e Ingeniería Biomédica, conformada por ingenieros y auxiliares técnicos responsables de la ejecución de los procedimientos de taller, pruebas metrológicas y mantenimiento en campo, garantizando el cumplimiento de los estándares de bioseguridad y calidad en las instituciones de salud.

Figura 1. Organigrama estructural y funcional de Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S



Fuente: Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S / Archivo de la práctica profesional.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción de la Problemática

En el entorno de soporte técnico e ingeniería biomédica de Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S, se evidencia una baja disponibilidad operativa y retrasos prolongados en la entrega de equipos críticos, principalmente autoclaves de esterilización por vapor y sistemas de radiología diagnóstica. Esta limitación operativa se origina por la presencia de fallas recurrentes en tarjetas de control electrónico, el desajuste de sensores de presión tipo semiconductor y el desgaste físico severo de las estructuras de chasis debido a la constante exposición a vapor y humedad. Adicionalmente, la ausencia de una metodología de clasificación y etiquetado en el área de almacenamiento de repuestos genera pérdidas de tiempo considerables al momento de localizar componentes específicos durante intervenciones urgentes. La combinación de estos factores disminuye la productividad del taller, incrementa los tiempos de parada de los equipos y afecta la confiabilidad metrológica necesaria para garantizar una atención en salud segura.

¿De qué manera la implementación de un protocolo integral de mantenimiento preventivo-correctivo, restauración estructural y un sistema de gestión visual de inventarios optimiza los tiempos de respuesta técnica y la confiabilidad operativa de los equipos biomédicos en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S?

2.2. Justificación de la Práctica

El desarrollo de esta práctica profesional se justifica en la necesidad imperiosa de solucionar las ineficiencias operativas que afectan al taller de mantenimiento de Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S., garantizando la plena disponibilidad, seguridad y confiabilidad metrológica de equipos biomédicos de alta criticidad, como autoclaves de esterilización y sistemas de diagnóstico por Rayos X.

- **Implicaciones Tecnológicas y Operativas:** Permite estandarizar protocolos de diagnóstico electrónico a nivel de componente, optimizar los procesos de reacondicionamiento estructural y pintura anticorrosiva de

chasises, e implementar un sistema de gestión visual de inventarios (5S) que reduce los tiempos muertos en la localización de repuestos.

- **Implicaciones Económicas y Sociales:** Tecnológicamente, extiende la vida útil de los activos biomédicos y disminuye los costos por paradas no programadas; socialmente, mitiga de forma directa los riesgos de infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS) por fallas en esterilización y previene dosis innecesarias de radiación en pacientes y personal asistencial.

- **Relevancia para las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS):** Esta intervención es fundamental para la institución, ya que consolida la articulación de sus funciones misionales de docencia, investigación y extensión. Asimismo, fortalece la proyección social del programa, fomenta la transferencia tecnológica en entornos industriales reales e impulsa la generación de productos de desarrollo e innovación aplicados a la ingeniería biomédica.

2.3. Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Ejecutar procedimientos de mantenimiento preventivo, correctivo y adecuación infraestructura-operativa en equipos biomédicos de esterilización y radiología, optimizando simultáneamente la gestión de inventarios y bodega del taller de soporte técnico.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar y reparar fallas electrónicas y mecánicas en autoclaves Automat 3000, realizando la restauración física de sus chasises y validando sus parámetros operativos de temperatura, presión y tiempo.
- Verificar la constancia y exactitud de los parámetros de emisión (kV, mAs) e inspección óptica del colimador en equipos de Rayos X mediante el uso de multímetros de radiación.
- Reestructurar la bodega de repuestos e insumos mediante un sistema de gestión visual y clasificación por categorías, mejorando la localización de componentes y la eficiencia operativa del taller.

2.4 Antecedentes de la Empresa

Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S es una organización fundada con el propósito de ofrecer soporte técnico especializado, mantenimiento y gestión metrológica a la infraestructura de salud en Colombia. El desarrollo del sector biomédico a nivel nacional ha estado enmarcado en el cumplimiento de regulaciones estrictas, donde la normatividad emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social (2018) establece que las empresas prestadoras de servicios de mantenimiento deben garantizar la disponibilidad, trazabilidad y calibración de la tecnología médica para mitigar riesgos en la atención. En este contexto, la empresa estructuró su portafolio en torno al mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas de esterilización por vapor y equipos de diagnóstico por radiación ionizante.

En la trayectoria operativa de la entidad, los procedimientos de mantenimiento en equipos de esterilización como los autoclaves y en sistemas de radiología han requerido una actualización continua para alinearse con los estándares internacionales de bioseguridad y control de calidad (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2020). Anteriormente, la atención a las fallas mecánicas y electrónicas en los talleres de soporte técnico se ejecutaba bajo esquemas reactivos, lo que generaba demoras en los tiempos de entrega y acumulaciones de repuestos no categorizados en bodega. Con el fin de optimizar la eficiencia operativa, la empresa comenzó a integrar protocolos de diagnóstico electrónico a nivel de tarjeta, restauración de chasises expuestos a corrosión e implementación de metodologías de organización visual (5S) para la gestión del inventario técnico (Ochoa & Rodríguez, 2021).

3 MARCO REFERENCIAL

El marco referencial reúne los conceptos, fundamentos técnicos y normas que permiten comprender las actividades realizadas durante la práctica profesional en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S Los temas tratados se relacionan principalmente con el mantenimiento de equipos biomédicos, el funcionamiento de los autoclaves, la automatización de procesos, la electrónica de control, la verificación de equipos de Rayos X y la organización de los recursos utilizados en el área técnica.

Estos conocimientos permiten relacionar las actividades desarrolladas durante la práctica con los fundamentos aprendidos durante la formación profesional. De esta manera, la revisión y reparación de equipos, la comprobación de parámetros, el diseño de una tarjeta electrónica, la organización de repuestos y la recuperación física de los equipos pueden entenderse desde una base técnica y no solamente como actividades realizadas dentro del taller.

De igual manera, el trabajo contempla el estudio de los controladores lógicos programables (PLC) como una posible alternativa para el control de los autoclaves. Este tema se aborda desde el análisis de sus características, posibles aplicaciones y condiciones necesarias para su desarrollo. Durante la práctica no se fabricó ni se programó un PLC propio, por lo que su inclusión corresponde a un análisis de viabilidad y no a una implementación física.

3.1 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1.1 Tecnología biomédica y mantenimiento de equipos médicos

La tecnología biomédica comprende los equipos, instrumentos y diferentes recursos tecnológicos utilizados para apoyar las actividades relacionadas con la atención en salud. Dentro de este grupo se encuentran equipos utilizados para diagnóstico, tratamiento, monitoreo y esterilización. El funcionamiento adecuado de estos equipos es importante porque una falla puede afectar el desarrollo de los procedimientos para los cuales fueron destinados.

El mantenimiento forma parte de la gestión de la tecnología biomédica y busca conservar los equipos en condiciones adecuadas de funcionamiento. Para ello se realizan actividades de inspección, limpieza, revisión de componentes, reparación

de fallas y comprobación de los parámetros de operación. Estas actividades deben realizarse teniendo en cuenta las características del equipo y las recomendaciones establecidas por el fabricante.

En una empresa dedicada al soporte técnico de equipos biomédicos, el mantenimiento requiere conocimientos relacionados con electricidad, electrónica, mecánica, instrumentación y funcionamiento de los equipos. También es necesario contar con herramientas e instrumentos que permitan realizar las comprobaciones correspondientes.

Durante la práctica profesional en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S. se trabajó con diferentes equipos biomédicos, principalmente autoclaves y equipos de Rayos X. Las actividades realizadas permitieron aplicar conocimientos de mantenimiento y diagnóstico en situaciones reales de trabajo.

3.1.2 Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos biomédicos

El mantenimiento preventivo corresponde a las actividades realizadas de manera programada para conservar un equipo en condiciones adecuadas de funcionamiento y disminuir la posibilidad de que se presenten fallas durante su operación. Estas actividades pueden incluir limpieza, inspección, revisión de conexiones, comprobación de componentes y verificación general del equipo.

El mantenimiento correctivo se realiza cuando se presenta una falla o cuando se encuentra una condición que afecta el funcionamiento normal del equipo. En este caso es necesario identificar la causa del problema, revisar los componentes relacionados y realizar la reparación o sustitución que corresponda.

Durante la práctica se realizaron actividades de mantenimiento preventivo en equipos de Rayos X, incluyendo inspección, limpieza y revisión general de sus componentes. También se realizaron verificaciones de parámetros de funcionamiento mediante instrumentos de medición.

En los autoclaves Automat 3000 y PAFFOR 150 L se desarrollaron actividades de diagnóstico y mantenimiento correctivo. Estas actividades incluyeron revisión de componentes eléctricos y electrónicos, sensores, electroválvulas y elementos relacionados con el control del equipo. También se trabajó en la recuperación de teclados de membrana y en la restauración de las estructuras externas de algunos equipos.

El mantenimiento preventivo y correctivo permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación profesional y comprender la relación que existe entre los diferentes componentes de un equipo biomédico.

3.1.3 Esterilización por vapor

La esterilización por vapor es un proceso utilizado para eliminar microorganismos presentes en materiales y elementos que requieren este tratamiento. El proceso se realiza mediante la utilización de vapor y condiciones controladas de temperatura, presión y tiempo.

El vapor permite transferir calor hacia los materiales que se encuentran dentro de la cámara del autoclave. Cuando el vapor entra en contacto con superficies que presentan una temperatura menor, se produce condensación y se libera energía en forma de calor. Esta transferencia permite aumentar la temperatura del material y mantener las condiciones necesarias durante el ciclo de esterilización (Çengel & Boles, 2015).

Para obtener un proceso adecuado es necesario controlar las condiciones del ciclo. La temperatura debe alcanzar el valor establecido, la presión debe mantenerse dentro del rango correspondiente y el tiempo de exposición debe ser suficiente para el proceso definido. También es importante que el vapor pueda entrar en contacto con las superficies que deben ser esterilizadas.

Por esta razón, los autoclaves cuentan con diferentes elementos encargados de medir y controlar las condiciones de trabajo, entre ellos sensores de temperatura y presión, sistemas de calentamiento, electroválvulas y tarjetas electrónicas de control.

3.1.4 Funcionamiento y etapas de los autoclaves

Un autoclave es un equipo diseñado para realizar procesos de esterilización utilizando vapor bajo presión. El proceso se desarrolla dentro de una cámara cerrada en la cual se controlan diferentes variables para cumplir con las condiciones establecidas para cada ciclo.

Aunque las características pueden variar según el fabricante y el modelo, el funcionamiento de un autoclave comprende varias etapas. Inicialmente se realiza la preparación de la cámara y la eliminación del aire que pueda encontrarse en su

interior. Posteriormente se introduce vapor y se incrementan la temperatura y la presión.

Una vez alcanzadas las condiciones establecidas, se mantiene la cámara durante un tiempo determinado. Esta etapa permite que el proceso de esterilización se desarrolle bajo las condiciones programadas. Después se realiza la disminución de la presión y, dependiendo del equipo, una etapa de secado.

En los autoclaves automatizados estas etapas son controladas mediante componentes electrónicos que reciben información de los sensores y activan los elementos correspondientes. De esta manera, el sistema puede controlar la entrada y salida de vapor, el calentamiento, el vacío y las demás funciones necesarias para completar el ciclo.

Durante la práctica se revisaron autoclaves Automat 3000 y PAFFOR 150 L. La revisión de estos equipos permitió relacionar las diferentes etapas del ciclo con los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos encargados de su funcionamiento.

3.1.5 Temperatura, presión y tiempo en la esterilización

La temperatura, la presión y el tiempo son variables fundamentales durante el proceso de esterilización por vapor. Estas variables se encuentran relacionadas y deben mantenerse dentro de las condiciones establecidas para cada ciclo.

La temperatura determina el nivel de calor al que se somete la carga, mientras que el tiempo corresponde al periodo durante el cual se mantienen las condiciones de trabajo. La presión se encuentra relacionada con el estado del vapor dentro de la cámara y constituye una de las variables que puede utilizar el sistema de control para determinar el avance del ciclo (Çengel & Boles, 2015).

En los autoclaves utilizados para esterilización por vapor pueden encontrarse ciclos de trabajo a diferentes temperaturas. Entre las condiciones comúnmente utilizadas se encuentran ciclos alrededor de 121 °C y 134 °C, aunque los valores y tiempos deben corresponder al ciclo, al tipo de carga y a las instrucciones del fabricante.

El control adecuado de estas variables es importante para el funcionamiento del equipo. Una lectura incorrecta de temperatura o presión puede ocasionar que el sistema de control interprete de manera equivocada las condiciones de la cámara.

Durante la práctica, estas variables fueron tenidas en cuenta para revisar el funcionamiento de los autoclaves intervenidos y comprobar que las lecturas mostradas por el sistema fueran coherentes con las condiciones de operación.

3.1.6 Instrumentación y sensores en autoclaves

Los sensores permiten obtener información sobre una variable física y convertirla en una señal que puede ser utilizada por un sistema de control. En los autoclaves se utilizan sensores relacionados principalmente con variables como temperatura y presión.

Los sensores de presión pueden transformar la presión presente en la cámara en una señal eléctrica. Esta señal posteriormente puede ser recibida y procesada por la tarjeta electrónica del equipo para determinar el estado de la presión.

Uno de los sensores utilizados en aplicaciones de medición de presión es el MPX5700DP, un transductor piezorresistivo que proporciona una señal eléctrica relacionada con la presión aplicada. De acuerdo con la información técnica del fabricante, el sensor cuenta con acondicionamiento interno de señal y puede utilizarse para realizar mediciones de presión mediante su salida eléctrica (Freescale Semiconductor, 2014).

La señal entregada por el sensor puede ser interpretada por el circuito de control. Por esta razón, una falla en el sensor, en su alimentación, en las conexiones o en el circuito que recibe la señal puede generar errores en la lectura de presión.

En el mantenimiento de los autoclaves, la revisión de estos elementos resulta importante debido a que las señales provenientes de los sensores participan en las decisiones que toma el sistema de control durante el ciclo.

3.1.7 Automatización de procesos

La automatización consiste en utilizar sistemas de control para realizar un proceso con una intervención manual reducida. Un sistema automatizado puede recibir información mediante sensores, procesarla y generar acciones sobre diferentes elementos del proceso (Groover, 2019).

En un autoclave automatizado, los sensores permiten conocer las condiciones presentes dentro de la cámara y el sistema de control utiliza esta información para decidir cuándo activar o desactivar determinados elementos.

Por ejemplo, una señal de temperatura puede ser utilizada para controlar el calentamiento, mientras que una señal de presión puede participar en el control de las etapas de presurización y despresurización. Las electroválvulas, resistencias, bombas y otros elementos actúan como dispositivos de salida del sistema.

La automatización permite organizar las diferentes etapas del ciclo y repetirlas de acuerdo con los parámetros establecidos. También facilita la supervisión de las variables del proceso y permite establecer condiciones para evitar que el equipo continúe con una etapa cuando no se han alcanzado los valores necesarios.

Durante la práctica se observaron estos principios en los sistemas de control de los autoclaves intervenidos. La revisión de sensores, electroválvulas y tarjetas electrónicas permitió comprender la relación entre las variables físicas del equipo y las acciones realizadas por el sistema de control.

3.1.8 Sistemas de control aplicados a autoclaves

Un sistema de control está formado por elementos que permiten medir una condición del proceso, procesar la información y actuar sobre el sistema para obtener el comportamiento esperado. En términos generales, puede estar compuesto por sensores, un controlador y actuadores.

En un autoclave, los sensores suministran información sobre variables como temperatura y presión. El controlador recibe estas señales y determina las acciones que deben realizarse. Finalmente, los actuadores ejecutan las acciones, como activar una resistencia o abrir y cerrar una electroválvula.

La forma en que se organiza este control depende del diseño del fabricante. Algunos equipos utilizan tarjetas electrónicas diseñadas específicamente para el modelo, mientras que otros sistemas pueden utilizar controladores programables.

Comprender esta estructura es importante para el análisis planteado en el presente trabajo, debido a que permite identificar qué elementos tendría que reemplazar o integrar una posible solución de control basada en un PLC.

3.1.9 Controladores lógicos programables (PLC)

Un controlador lógico programable, conocido como PLC por sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller), es un dispositivo utilizado para controlar procesos

automáticos. Su funcionamiento se basa en recibir señales de entrada, procesarlas de acuerdo con un programa y generar señales de salida para controlar diferentes dispositivos (Bolton, 2015).

Un PLC normalmente cuenta con una unidad de procesamiento, memoria, fuente de alimentación y módulos de entradas y salidas. Dependiendo de la aplicación, puede trabajar con señales digitales y analógicas.

Una característica importante de estos controladores es que el comportamiento del sistema puede modificarse mediante programación. Esto permite realizar cambios en la secuencia de funcionamiento sin necesidad de modificar completamente el circuito físico de control.

En un autoclave, un PLC podría recibir señales provenientes de sensores de temperatura y presión y controlar elementos como electroválvulas, resistencias, bombas y sistemas de vacío. El programa podría establecer las condiciones necesarias para pasar de una etapa del ciclo a otra.

El uso de un PLC también puede facilitar la modificación de la lógica de control cuando se requiere adaptar el sistema a diferentes condiciones de operación. Sin embargo, su utilización en equipos biomédicos debe analizarse teniendo en cuenta la seguridad, confiabilidad, compatibilidad de las señales, disponibilidad de repuestos y requisitos establecidos para el equipo.

3.1.10 Análisis de viabilidad para el desarrollo de un PLC propio

Antes de desarrollar una solución de control propia es necesario determinar si su implementación resulta conveniente para la empresa. Para ello se pueden analizar diferentes aspectos relacionados con la viabilidad técnica y económica.

Desde el punto de vista técnico, se debe establecer si es posible diseñar un controlador que pueda recibir correctamente las señales utilizadas por los autoclaves y controlar los diferentes elementos de salida. También deben considerarse las condiciones de alimentación, los niveles de las señales, la cantidad de entradas y salidas, la protección de los circuitos y la posibilidad de realizar mantenimiento.

Desde el punto de vista económico, es necesario comparar los costos asociados al desarrollo de una solución propia con los costos de adquirir tarjetas de control o controladores comerciales. En esta comparación pueden considerarse los

componentes, fabricación de las tarjetas, programación, pruebas, mantenimiento y disponibilidad de repuestos.

Otro aspecto importante es la posibilidad de utilizar una misma solución en diferentes modelos de autoclaves. Si los equipos presentan diferencias importantes en sus sensores, actuadores o secuencias de funcionamiento, puede ser necesario realizar adaptaciones en el sistema.

También debe analizarse la capacidad de la empresa para mantener y reparar el sistema desarrollado. Una solución propia puede ofrecer mayor control sobre el diseño y la disponibilidad de los componentes, pero requiere conocimientos para su programación, diagnóstico y mantenimiento.

En el presente trabajo, el PLC se analiza como una alternativa para futuros sistemas de control de autoclaves. Durante la práctica profesional no se realizó la fabricación ni programación de un PLC propio. La experiencia práctica relacionada con el diseño electrónico se desarrolló mediante la elaboración y prueba de una tarjeta temporizadora universal para colimadores de equipos de Rayos X.

3.1.11 Electrónica aplicada al control

Los sistemas electrónicos utilizados en equipos biomédicos integran diferentes componentes que permiten alimentar circuitos, procesar señales y controlar dispositivos. Entre estos componentes se encuentran reguladores de voltaje, diodos, transistores, relés, circuitos integrados y elementos de protección.

Los reguladores de voltaje permiten obtener una tensión más estable para alimentar los circuitos electrónicos. En el desarrollo de la tarjeta temporizadora se utilizó el regulador LM7812, destinado a proporcionar una salida de aproximadamente 12 V en las condiciones de funcionamiento correspondientes.

Los relés también son utilizados para controlar cargas eléctricas mediante una señal de control de menor potencia. Esto permite separar la etapa encargada de generar la señal de control de la etapa que activa la carga.

Durante la práctica, estos conceptos fueron aplicados en el diseño de una tarjeta temporizadora universal para el control del tiempo de encendido de la lámpara del colimador. El circuito fue primero simulado y posteriormente probado en protoboard antes de realizar el diseño de la placa.

3.1.12 Temporización mediante el circuito integrado NE555

El circuito integrado NE555 es utilizado en diferentes aplicaciones relacionadas con la generación de tiempos y pulsos eléctricos. Una de sus configuraciones de funcionamiento es el modo monoestable, en el cual la salida permanece activa durante un periodo determinado después de recibir una señal de disparo.

El tiempo de activación puede calcularse aproximadamente mediante la siguiente expresión:

$$T = 1{,}1 \times R \times C$$

Donde:

- T corresponde al tiempo en segundos.
- R corresponde a la resistencia en ohmios.
- C corresponde a la capacitancia en faradios.

En el diseño realizado durante la práctica se utilizaron una resistencia de 150 kΩ y un capacitor de 100 µF. Al aplicar la fórmula se obtuvo:

$$T = 1{,}1 \times 150\,000 \times 0{,}0001$$

$$T = 16{,}5 \text{ segundos}$$

Este valor se encontraba dentro del rango de tiempo recomendado para el encendido de la lámpara del colimador. Posteriormente, el circuito fue montado en protoboard y se obtuvo un tiempo de funcionamiento cercano al calculado.

La aplicación del NE555 permitió desarrollar una solución sencilla para controlar el tiempo de encendido de la lámpara y sirvió como parte del desarrollo práctico de la tarjeta temporizadora universal.

3.1.13 Metrología y control de calidad en equipos de Rayos X

La metrología aplicada a los equipos de Rayos X permite realizar mediciones de diferentes parámetros de funcionamiento y compararlos con los valores seleccionados en el equipo y con los criterios de aceptación correspondientes.

Entre los parámetros que pueden ser evaluados se encuentran la tensión del tubo, expresada en kVp, el tiempo de exposición y la salida de radiación. Estas

mediciones permiten identificar posibles diferencias entre los valores establecidos en el equipo y los valores obtenidos durante una exposición.

Para realizar estas comprobaciones se utilizan instrumentos especializados para el análisis de equipos de Rayos X. Durante la práctica se utilizó el analizador RaySafe X2 para realizar mediciones relacionadas con el funcionamiento de los equipos.

Las mediciones obtenidas permitieron revisar el comportamiento de los equipos durante las actividades de mantenimiento y verificación. Estas pruebas son importantes porque permiten contar con información objetiva sobre las condiciones de funcionamiento del equipo.
La comprobación de los parámetros también debe realizarse teniendo en cuenta el procedimiento establecido para cada equipo y las condiciones de seguridad correspondientes al trabajo con radiación ionizante.

3.1.14. Colimación en equipos de Rayos X

El colimador es un componente ubicado en la salida del tubo de Rayos X que permite limitar el tamaño del campo de radiación. Su funcionamiento ayuda a definir el área que será expuesta durante el procedimiento.
Los colimadores cuentan normalmente con elementos móviles que permiten ajustar el tamaño del campo. También disponen de una lámpara y un sistema óptico que proyectan un campo luminoso utilizado como referencia antes de realizar la exposición.
La coincidencia entre el campo luminoso y el campo de radiación es importante porque permite que el área seleccionada por el operador corresponda de manera adecuada con el área que recibirá la radiación.
Durante la práctica se realizaron revisiones de los sistemas de colimación de diferentes equipos de Rayos X. Estas actividades permitieron comprobar el funcionamiento de la iluminación y realizar verificaciones relacionadas con la posición y delimitación del campo.
El funcionamiento de la lámpara del colimador también se relaciona con el desarrollo de la tarjeta temporizadora universal realizada durante la práctica, debido a que esta tarjeta fue diseñada para controlar el tiempo de encendido de dicha lámpara.

3.1.15. Gestión de inventarios y metodología 5S

La organización de los repuestos, herramientas e insumos es importante para el funcionamiento de un taller de mantenimiento. Cuando los elementos no se encuentran identificados o no existe un registro actualizado, puede aumentar el tiempo necesario para localizar una herramienta o repuesto.

La metodología 5S es una herramienta de organización de los espacios de trabajo que comprende cinco principios: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener la disciplina. Su aplicación busca facilitar el trabajo y conservar los elementos en lugares definidos (Hirano, 2009).

Durante la práctica se aplicaron estos principios en la bodega de Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S Se realizó la clasificación de repuestos y herramientas, se reorganizaron los elementos y se identificaron diferentes secciones.

También se elaboraron registros en Microsoft Excel y se tomó una fotografía de los elementos para facilitar su identificación. Esta información permitió organizar los datos de los repuestos y herramientas disponibles y facilitar su consulta.

La organización de la bodega tiene relación directa con las actividades de mantenimiento, debido a que contar con información clara sobre los elementos disponibles facilita la preparación de las intervenciones y el control de los recursos utilizados.

3.1.16. Restauración y protección de estructuras metálicas

Las estructuras metálicas de los equipos biomédicos pueden presentar deterioro debido al uso, la humedad, golpes, almacenamiento o condiciones del lugar donde permanecen. Cuando se presenta deterioro en la pintura o en la superficie metálica, es necesario realizar una preparación adecuada antes de aplicar un nuevo recubrimiento.

Los procesos de recuperación pueden incluir limpieza, lijado, eliminación de pintura deteriorada, preparación de la superficie, aplicación de imprimante y pintura de acabado. La preparación permite mejorar la adherencia del recubrimiento y proporcionar una protección adicional frente a la humedad y otros factores que pueden favorecer la corrosión.

Durante la práctica se realizaron trabajos de recuperación estética y física en estructuras de equipos biomédicos destinados a procesos de venta y alquiler. Estas actividades incluyeron preparación de superficies, aplicación de pintura y acabado final.

Aunque estas actividades no corresponden directamente al funcionamiento electrónico de los equipos, forman parte del proceso de recuperación de tecnología biomédica realizado por la empresa. Por esta razón, se relacionan con el mantenimiento y acondicionamiento general de los equipos intervenidos.

3.2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Las actividades desarrolladas durante la práctica profesional se encuentran relacionadas con normas colombianas que regulan diferentes aspectos de los

dispositivos médicos, su mantenimiento, la prestación de servicios de salud y el uso de equipos generadores de radiación ionizante.

3.2.1. Decreto 4725 de 2005

El Decreto 4725 de 2005 establece disposiciones relacionadas con el régimen de registros sanitarios, permisos de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano. La norma también incluye disposiciones relacionadas con el mantenimiento de equipos biomédicos.
Para el presente trabajo resulta relevante debido a que las actividades desarrolladas en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S están relacionadas con mantenimiento, reparación, verificación y soporte técnico de equipos biomédicos.
El decreto establece responsabilidades relacionadas con el funcionamiento, mantenimiento y verificación de los equipos. También contempla la importancia de conservar registros de las actividades de mantenimiento realizadas en los equipos biomédicos.

3.2.2. Resolución 3100 de 2019

La Resolución 3100 de 2019 establece los procedimientos y condiciones para la inscripción de los prestadores de servicios de salud y la habilitación de los servicios de salud.
Dentro de sus disposiciones se encuentran aspectos relacionados con la dotación y el mantenimiento de los equipos biomédicos. La resolución contempla que el mantenimiento de estos equipos debe ser realizado por personal con formación relacionada con el área y establece condiciones para la gestión de la tecnología utilizada en los servicios de salud.
Esta norma se relaciona con el presente trabajo porque las actividades de mantenimiento y verificación realizadas durante la práctica hacen parte del soporte técnico necesario para conservar los equipos en condiciones adecuadas de funcionamiento.

3.2.3. Normativa relacionada con radiaciones ionizantes

Los equipos de Rayos X generan radiación ionizante, por lo que su funcionamiento se encuentra sujeto a requisitos relacionados con protección radiológica, control de calidad y condiciones de seguridad.
La Resolución 482 de 2018 fue una de las normas colombianas que reguló durante su vigencia aspectos relacionados con el uso de equipos generadores de radiación ionizante. Sin embargo, para la fecha de elaboración de este trabajo debe tenerse en cuenta la normativa actualmente vigente.

El Ministerio de Salud y Protección Social informa que la nueva regulación sobre radiaciones ionizantes entró en vigencia el 6 de marzo de 2026, fecha en la cual fue derogada la Resolución 482 de 2018.
Por esta razón, las actividades de verificación de los equipos de Rayos X deben relacionarse en la versión final del trabajo con la norma vigente al momento de su entrega y no presentar la Resolución 482 de 2018 como si continuara vigente.

3.2.4. Manuales y documentación técnica de los fabricantes

Además de las normas colombianas, el mantenimiento de los equipos biomédicos debe tener en cuenta la documentación técnica suministrada por los fabricantes. Los manuales de servicio y operación contienen información sobre funcionamiento, procedimientos de mantenimiento, características de los componentes, condiciones de operación y recomendaciones para la revisión de los equipos.
Durante la práctica se utilizaron documentos técnicos relacionados con los equipos intervenidos, entre ellos el manual de servicio del Automat 3000, documentación técnica del Siemens Polymobil Plus y manuales de los instrumentos utilizados para la verificación de los equipos de Rayos X.
Estos documentos fueron importantes para comprender las características de los equipos y realizar las actividades de mantenimiento de acuerdo con la información disponible para cada referencia.

3.2.5. Relación de la normativa con la práctica profesional

La normativa y la documentación técnica permiten establecer un marco para las actividades realizadas durante la práctica. El mantenimiento de los equipos biomédicos no debe considerarse únicamente como una reparación, sino como una actividad que debe realizarse bajo condiciones de seguridad, control y registro.
En el caso de los equipos de Rayos X, además de revisar el funcionamiento del equipo, es necesario considerar los requisitos relacionados con la protección frente a la radiación ionizante. En los autoclaves, el mantenimiento debe permitir conservar las condiciones necesarias para que el equipo pueda desarrollar correctamente sus ciclos de trabajo.

De esta manera, los fundamentos teóricos, la documentación técnica de los fabricantes y las normas aplicables permiten sustentar las actividades desarrolladas durante la práctica profesional y establecer una base para el análisis de alternativas de mejora en los sistemas de control de los equipos.

4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

4.1 Diagnóstico y mantenimiento de autoclaves

4.1.1 Identificación y revisión inicial del autoclave Automat 3000

Durante el desarrollo de la práctica profesional en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S. se realizaron actividades de diagnóstico, mantenimiento y recuperación de equipos biomédicos destinados a procesos de esterilización. Dentro de los equipos intervenidos se encontraba el autoclave Automat 3000, fabricado por C.I. Dental X Ray S.A.S., con una capacidad de 12 litros y un sistema de control electrónico encargado de supervisar las principales variables del proceso de esterilización.

Como primera actividad se realizó una inspección general del equipo con el propósito de reconocer sus características físicas, identificar los componentes relacionados con el funcionamiento y establecer las condiciones en las que se encontraba antes de realizar las intervenciones de mantenimiento. Esta revisión permitió relacionar los elementos externos del equipo con los sistemas internos encargados del control de temperatura, presión y tiempo.

El Automat 3000 dispone de un panel de control digital en el que se visualizan las variables principales del proceso. El equipo permite consultar la temperatura expresada en grados Celsius (°C), la presión en PSI y el tiempo de operación en minutos. Asimismo, cuenta con indicadores luminosos asociados a las diferentes etapas del ciclo y botones destinados a la selección y programación de los parámetros de funcionamiento.

Durante la revisión también se identificaron los principales elementos asociados al proceso de generación y control del vapor. Entre ellos se encuentran la resistencia eléctrica utilizada para el calentamiento, las válvulas encargadas de controlar la salida de aire y la despresurización, el sensor de temperatura, el sensor de nivel de agua y el sensor de presión MPX5700DP. Estos elementos fueron considerados durante el diagnóstico debido a que su funcionamiento se encuentra relacionado con el control de las condiciones internas de la cámara.

De acuerdo con la documentación técnica disponible, el equipo trabaja con agua destilada y utiliza vapor saturado para desarrollar el proceso de esterilización. El ciclo comprende diferentes etapas, entre ellas el llenado de agua, el desplazamiento del aire presente en la cámara, el calentamiento y presurización, el periodo de esterilización y finalmente la evacuación y secado. La identificación de estas etapas fue importante para comprender posteriormente la función de los diferentes componentes revisados durante la intervención.

La inspección inicial permitió, además, identificar elementos que requerían atención durante el proceso de mantenimiento, particularmente componentes relacionados con la interfaz de usuario y la medición de presión. Entre ellos se encontró el teclado de membrana y su conexión mediante flex, así como el sensor de presión MPX5700DP asociado al sistema electrónico de control. La revisión de estos elementos permitió orientar las actividades posteriores hacia la comprobación de sus condiciones físicas y funcionales.

Figura 2. Autoclave Automat 3000 durante la inspección inicial.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Tabla 1
Características generales del autoclave Automat 3000

Característica	Descripción
Fabricante	C.I. Dental X Ray S.A.S.
Modelo	Automat 3000
Capacidad	12 litros
Método de esterilización	Vapor saturado
Medio utilizado	Agua destilada
Variables principales	Temperatura, presión y tiempo

Sistema de control	Tarjeta electrónica con microcontrolador
Resistencia eléctrica	1000 W
Alimentación de la resistencia	115 V AC
Sensor de presión	MPX5700DP
Control de temperatura	Sensor de temperatura
Control de nivel	Sensor de nivel de agua

Fuente: Elaboración propia con base en la documentación técnica del Automat 3000 y los registros de la práctica profesional.

Esta caracterización inicial sirvió como punto de partida para las actividades de diagnóstico y mantenimiento desarrolladas posteriormente, ya que permitió establecer la relación entre los componentes físicos del autoclave, las variables que intervienen en el ciclo de esterilización y el sistema electrónico encargado de controlar su funcionamiento.

4.1.2 Diagnóstico de componentes electrónicos y detección de fallas

Durante la segunda etapa de intervención se realizó una revisión detallada de los componentes electrónicos asociados al sistema de control del autoclave Automat 3000. El propósito de esta actividad fue determinar las condiciones de funcionamiento de los elementos que intervienen en la medición y control de las variables del proceso, así como identificar posibles causas de las anomalías encontradas durante la inspección inicial.

La revisión se concentró principalmente en la tarjeta electrónica de control, el teclado de membrana, las conexiones mediante cable flex, el sensor de presión MPX5700DP y los elementos relacionados con la medición de temperatura y nivel de agua. Estos componentes fueron analizados debido a que participan directamente en la adquisición de señales, el procesamiento de la información y la ejecución de las diferentes etapas del ciclo de esterilización.

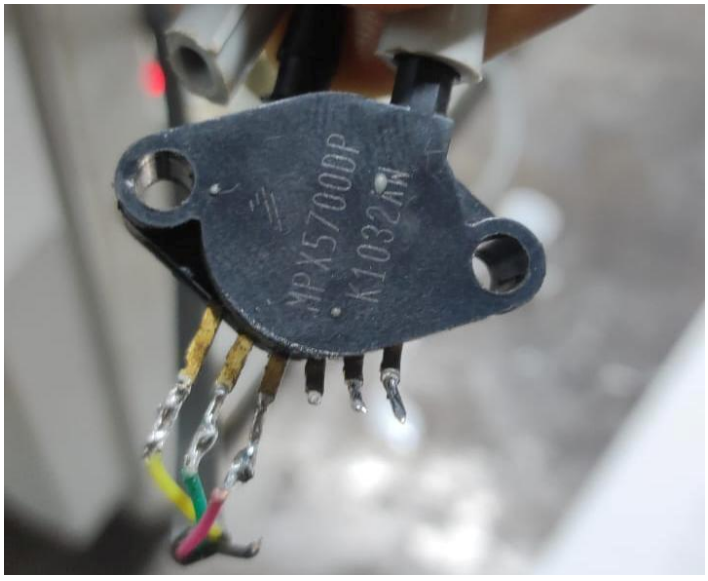
Inicialmente se realizó una inspección visual de la tarjeta electrónica con el fin de identificar posibles daños físicos, conexiones deterioradas, componentes afectados o condiciones que pudieran interferir con el funcionamiento del sistema. Posteriormente se efectuaron comprobaciones de continuidad y revisión de las conexiones eléctricas correspondientes a los componentes intervenidos.

Uno de los puntos de atención durante el diagnóstico fue el teclado de membrana del equipo, debido a que este elemento constituye la interfaz mediante la cual el operador puede ingresar comandos y modificar los parámetros del autoclave. Se revisó tanto la condición física de la membrana como la conexión del cable flex con la tarjeta electrónica, buscando determinar si existían interrupciones o deficiencias que afectaran la respuesta de los comandos del panel.

De igual manera, se revisó el sensor de presión MPX5700DP, componente encargado de proporcionar al sistema electrónico una señal relacionada con la presión presente en la cámara. La comprobación de este elemento fue necesaria debido a la importancia que tiene la presión durante las etapas de calentamiento, presurización y esterilización.

La revisión también contempló los elementos asociados al control de temperatura y al nivel de agua. El sensor de temperatura permite al sistema conocer las condiciones térmicas de la cámara, mientras que el sensor de nivel permite determinar la disponibilidad de agua necesaria para el funcionamiento del proceso. Una condición incorrecta en cualquiera de estas señales puede afectar la secuencia de operación del equipo.

Figura 3. Revisión de la tarjeta electrónica y componentes de control del Automat 3000.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Como resultado de esta etapa se establecieron los componentes que requerían intervención y se definieron las actividades necesarias para continuar con el mantenimiento del equipo. Esta información permitió pasar de la inspección general a una intervención dirigida sobre los elementos que presentaban condiciones susceptibles de afectar el funcionamiento del autoclave.

Para complementar el diagnóstico técnico del sensor de presión MPX5700DP y verificar que su comportamiento eléctrico se encuentre dentro de los parámetros de fábrica durante la operación del autoclave Automat 3000, se consolidan sus especificaciones nominales frente a las lecturas registradas en el taller:

Tabla 2. Especificaciones técnicas nominales vs. valores operativos del sensor MPX5700DP en el autoclave Automat 3000.

Parámetro / Variable	**Valor Nominal (Datasheet MPX5700DP)**	**Rango de Operación Normal en Autoclave**	**Lectura Registrada en Prueba**	**Evaluación de Funcionamiento**
Voltaje de Alimentación (V_{CC})	4.75 VDC - 5.25 VDC (5.0 V típico)	5.0 VDC	5.0 VDC	Normal / Dentro de rango
Rango de Presión Máxima	0 a 700 kPa (0 a 101.5 PSI)	0 a 30 PSI	5 PSI (reposo) - 6 PSI (calentamiento)	Normal / Operativo
Sensibilidad	6.4 mV/kPa	6.4 mV/kPa +/- 5%	6.4 mV/kPa	Respuesta lineal correcta
Rango de Temperatura	-40 °C a +125 °C	15 °C a 134 °C	32 °C a 99 °C	Dentro de tolerancia de trabajo
Voltaje de Salida (V_{out})	0.2 VDC a 4.7 VDC	Proporcional a presión interna	0.5 VDC	Operación dentro de rango

Fuente: Elaboración propia a partir del datasheet NXP/Freescale MPX5700DP y registros de prueba del taller.

4.1.3. Intervención y reparación de los componentes identificados

Una vez realizada la revisión inicial y establecido el estado de los principales componentes del autoclave Automat 3000, se procedió con la intervención de los elementos que presentaban condiciones que podían afectar el funcionamiento del equipo. Esta etapa tuvo como finalidad recuperar la operación de los componentes

identificados durante el diagnóstico y comprobar que las reparaciones realizadas permitieran continuar con las pruebas de funcionamiento del autoclave.

La intervención se realizó de manera progresiva, revisando cada elemento antes de realizar modificaciones o reparaciones. Para ello se utilizaron herramientas de mano, multímetro digital y elementos necesarios para la reparación de los componentes electrónicos. El procedimiento se desarrolló teniendo en cuenta la función que cumple cada elemento dentro del sistema de control.

Intervención del teclado de membrana

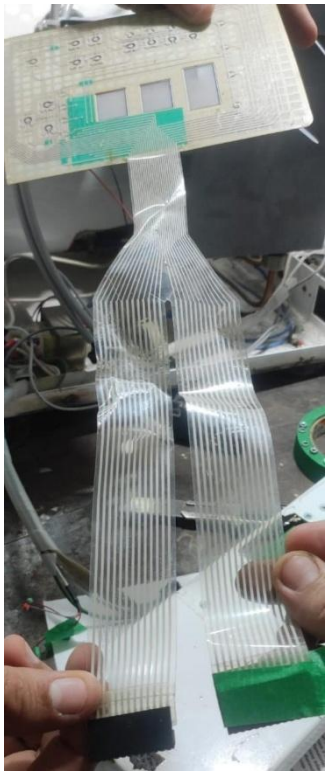
Uno de los componentes que requirió mayor atención fue el teclado de membrana utilizado como interfaz entre el operador y la tarjeta electrónica de control. Este elemento permite ingresar comandos y seleccionar las diferentes funciones del equipo, por lo que una interrupción en sus pistas conductoras puede impedir que algunas teclas sean reconocidas por la tarjeta.

Inicialmente se realizó una revisión visual de la membrana y del cable flex encargado de establecer la conexión con la tarjeta electrónica. Posteriormente se realizaron pruebas de continuidad utilizando un multímetro, con el propósito de identificar posibles interrupciones en las pistas conductoras.

Durante la revisión se identificaron puntos en los que la continuidad eléctrica no era adecuada. Debido a que las pistas conductoras forman parte de la propia membrana, la reparación se realizó mediante la recuperación de las zonas afectadas utilizando material conductor de plata. Este procedimiento permitió restablecer la continuidad eléctrica de las pistas sin tener que reemplazar completamente la interfaz.

Después de realizar la reparación, se efectuaron nuevamente las pruebas de continuidad y posteriormente se comprobó la respuesta de las teclas al conectarlas nuevamente al sistema de control. Esta comprobación permitió verificar que la señal generada por la pulsación llegara correctamente a la tarjeta electrónica.

Figura 4. Reparación de las pistas conductoras del teclado de membrana del Automat 3000.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Figura 5. Verificación de respuesta y prueba del panel de control tras la reparación



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

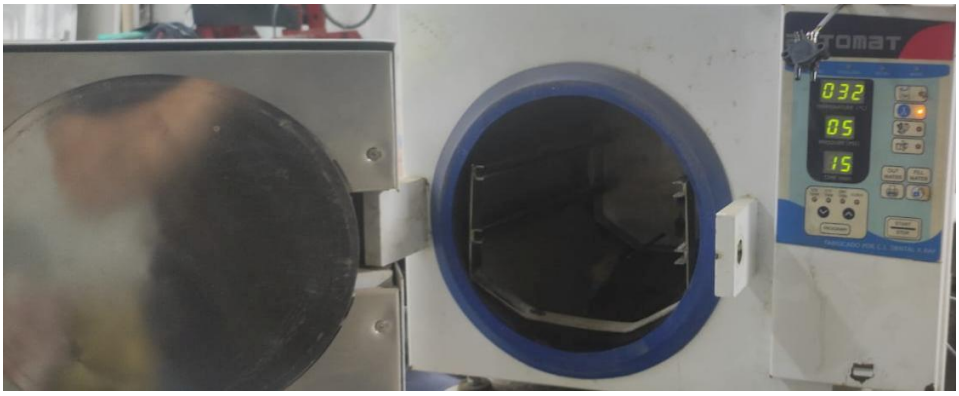
Revisión del sensor de presión MPX5700DP

También se realizó una revisión del sensor de presión MPX5700DP, debido a que este componente participa en la medición de la presión utilizada por el sistema de control del autoclave. El MPX5700DP pertenece a una familia de sensores de presión piezorresistivos y entrega una señal eléctrica proporcional a la presión aplicada. De acuerdo con la información del fabricante, la serie MPX5700 dispone de acondicionamiento de señal y está diseñada para trabajar con sistemas basados en microcontroladores o microprocesadores.

La revisión comenzó con la inspección física del sensor, sus conexiones y las líneas asociadas a la medición de presión. Posteriormente se verificaron las conexiones eléctricas y la alimentación del componente, buscando descartar problemas producidos por conexiones deficientes o interrupciones en el circuito.

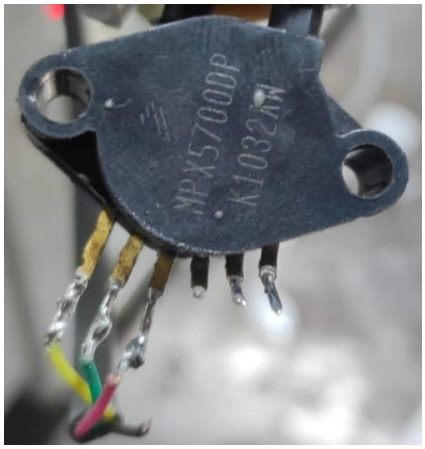
La comprobación de este sensor fue especialmente importante debido a que la presión es una de las variables utilizadas durante el funcionamiento del autoclave. La Organización Mundial de la Salud señala que el proceso de esterilización por vapor requiere un control adecuado de las condiciones de operación y que el seguimiento de las variables físicas del proceso es necesario para comprobar el comportamiento del equipo.

Figura 6. Sensor de presión MPX5700DP instalado en el sistema de control del Automat 3000.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Figura 7. Verificación de las conexiones del sensor de presión MPX5700DP.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Revisión de conexiones y elementos del sistema de control

Además de los componentes anteriormente mencionados, se revisaron las conexiones eléctricas relacionadas con los sensores y actuadores del equipo. Esta actividad permitió comprobar el estado de los conductores, conectores y puntos de conexión de la tarjeta electrónica.

Se prestó especial atención a los elementos que intervienen en el desarrollo del ciclo, entre ellos el sistema de calentamiento, las electroválvulas, el sensor de temperatura y el sensor de nivel de agua. La revisión permitió comprobar que las conexiones se encontraran correctamente establecidas y que no existieran interrupciones visibles que pudieran afectar la comunicación entre los componentes y la tarjeta de control.

En los sistemas de esterilización por vapor, los sensores y elementos de control tienen una función importante porque permiten conocer las condiciones internas del equipo y ejecutar las diferentes etapas del ciclo. Por esta razón, después de una intervención es necesario comprobar nuevamente el funcionamiento general y no limitar la revisión únicamente al componente que presentó inicialmente la anomalía.

Figura 8. Revisión de conexiones y componentes de la tarjeta electrónica del Automat 3000.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Comprobación posterior a la intervención

Una vez terminadas las reparaciones y revisiones de los componentes identificados, se realizó el montaje de los elementos intervenidos y se verificó nuevamente la conexión de la tarjeta electrónica. Posteriormente se realizaron pruebas de funcionamiento para comprobar la respuesta del equipo y determinar si las

intervenciones realizadas habían permitido superar las condiciones encontradas durante el diagnóstico.

La comprobación posterior fue necesaria para confirmar que las reparaciones no generaran nuevas condiciones de falla y que los componentes intervenidos respondieran de manera adecuada al sistema de control. Además, permitió continuar con las siguientes etapas de la práctica, relacionadas con la recuperación física del equipo y la verificación de sus variables de operación.

De esta manera, la intervención permitió pasar de la identificación de las fallas a la recuperación de los elementos que podían ser reparados, dejando el equipo preparado para las pruebas de funcionamiento del ciclo de esterilización.

4.1.4. Restauración física y adecuación del chasis

Además de la intervención de los componentes eléctricos y electrónicos, durante el mantenimiento del autoclave Automat 3000 se realizó un proceso de recuperación de su estructura externa. Esta actividad se desarrolló debido al estado de deterioro que presentaban algunas partes del chasis, principalmente por el uso del equipo y la exposición constante a humedad y condiciones propias de su funcionamiento.

La restauración tuvo como propósito mejorar las condiciones físicas del equipo y recuperar la protección de las superficies metálicas. Este tipo de trabajo también contribuye a conservar la estructura externa y a mejorar la presentación del equipo, especialmente cuando se trata de tecnología biomédica que posteriormente puede continuar en servicio.

Antes de comenzar el proceso de pintura, se realizó el desmontaje de las partes externas que interferían con el trabajo. Esta actividad permitió trabajar sobre las superficies de manera más uniforme y evitar afectar componentes electrónicos, conexiones, controles o elementos que no debían entrar en contacto con los materiales utilizados durante la restauración.

Figura 9. Desmontaje de las partes externas del autoclave Automat 3000 para el proceso de restauración.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Posteriormente se realizó la preparación de las superficies metálicas. Esta etapa incluyó la limpieza y lijado de las zonas que presentaban deterioro, retirando restos de pintura en mal estado, suciedad y material que pudiera afectar la adherencia del nuevo recubrimiento. La preparación de la superficie es una etapa importante en cualquier proceso de aplicación de recubrimientos, ya que una superficie con residuos, humedad o material desprendido puede disminuir la adherencia de la pintura.

En las zonas donde se encontraba deteriorada la pintura original se realizó una preparación más cuidadosa hasta obtener una superficie adecuada para continuar con el proceso. El objetivo fue dejar el metal en condiciones apropiadas para recibir las siguientes capas de protección.

Figura 10. Preparación y lijado de las superficies metálicas del chasis.

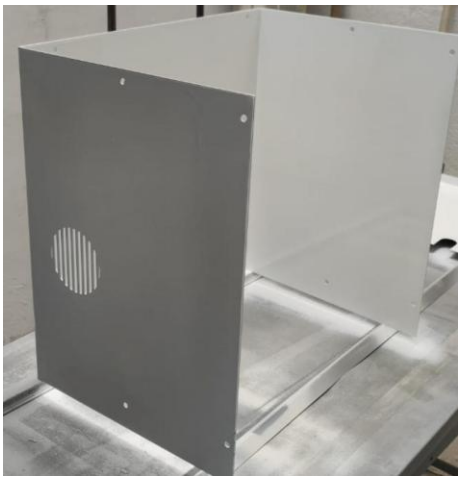


Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Una vez finalizada la preparación de las superficies, se realizó la aplicación del imprimante o primer. Esta capa se utilizó como base antes de la pintura de acabado, buscando mejorar la adherencia del recubrimiento y proporcionar una protección adicional a la superficie metálica.

El proceso se realizó procurando cubrir de manera uniforme las áreas que habían sido preparadas previamente. Después de la aplicación del primer se respetó el tiempo necesario para que la superficie pudiera continuar con la siguiente etapa del proceso.

Figura 11. Aplicación de imprimante sobre las superficies metálicas preparadas.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Posteriormente se realizó la aplicación de la pintura de acabado sobre las superficies previamente preparadas. La aplicación se efectuó de manera uniforme, buscando recuperar la apariencia exterior del equipo y cubrir las zonas que habían presentado deterioro.

Durante este proceso se tuvo cuidado de proteger las partes que no debían recibir pintura, especialmente aquellas relacionadas con conexiones, componentes eléctricos, controles y elementos móviles. De esta manera se evitó que el material utilizado en la restauración afectara el funcionamiento de los componentes del equipo.

Figura 12. Aplicación de pintura de acabado en el chasis del Automat 3000.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Una vez finalizado el proceso de pintura y después de permitir el secado correspondiente, se realizó nuevamente el montaje de las partes externas del equipo. Durante el montaje se verificó que los elementos quedaran correctamente ubicados y que la restauración no afectara el acceso al panel de control, las conexiones ni los componentes necesarios para las pruebas posteriores.

La recuperación física del chasis permitió mejorar las condiciones externas del autoclave y dejarlo preparado para continuar con las pruebas de funcionamiento. Esta actividad complementó el mantenimiento electrónico realizado anteriormente, debido a que la recuperación de un equipo biomédico no solamente comprende la reparación de sus componentes internos, sino también la conservación de las condiciones físicas necesarias para su uso y mantenimiento.

La importancia de mantener adecuadamente las superficies externas de los autoclaves también se relaciona con las condiciones de limpieza y conservación del equipo. La Organización Mundial de la Salud recomienda realizar labores periódicas de limpieza y revisión de las superficies externas de los autoclaves y seguir las recomendaciones establecidas por el fabricante para su mantenimiento.

Finalmente, se realizó una inspección visual del equipo restaurado para comprobar el estado de las superficies, verificar que no quedaran partes desprendidas y confirmar que los elementos desmontados hubieran quedado nuevamente instalados. Con esta revisión se dio por terminada la etapa de recuperación física y se dejó el equipo preparado para las pruebas de funcionamiento y verificación de sus principales variables de operación.

4.1.5. Pruebas de funcionamiento y verificación de temperatura, presión y tiempo

Una vez finalizadas las actividades de diagnóstico, reparación de los componentes y restauración física del autoclave Automat 3000, se realizaron pruebas de funcionamiento con el propósito de comprobar la respuesta general del equipo y observar el comportamiento de las principales variables del proceso. Estas pruebas permitieron verificar la comunicación entre la tarjeta electrónica, los sensores, la interfaz de usuario y los elementos encargados de ejecutar las diferentes etapas de operación.

Antes de iniciar las pruebas se realizó una revisión general de las conexiones y se verificó que los componentes intervenidos estuvieran correctamente instalados. También se comprobó que el teclado de membrana estuviera conectado a la tarjeta electrónica y que las funciones principales del panel respondieran a los comandos ingresados. Esta comprobación fue importante debido a que el teclado había sido uno de los elementos intervenidos durante el mantenimiento.

Posteriormente se realizó una prueba de inicialización del equipo. En esta condición, el autoclave presentó una temperatura de cámara de 32 °C, correspondiente aproximadamente a la temperatura inicial registrada antes de comenzar el calentamiento. En el display también se observó una lectura de presión de 5 PSI y un tiempo programado de 15 minutos. Durante esta prueba la puerta se encontraba abierta y la interfaz electrónica se encontraba activa, permitiendo comprobar la visualización de las variables principales.

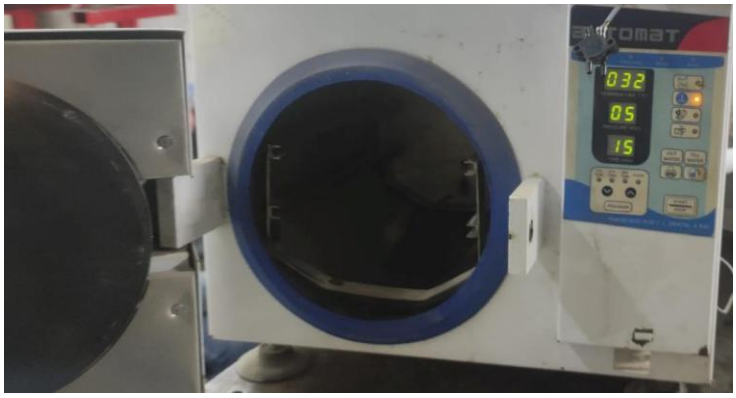
Tabla 2
Lecturas registradas durante la prueba de inicialización del Automat 3000

Variable	Valor registrado	Condición
Temperatura	32 °C	Temperatura inicial
Presión	5 PSI	Lectura inicial registrada
Tiempo	15 min	Tiempo mostrado en el equipo
Estado de la puerta	Abierta	Equipo en condición inicial
Interfaz	Activa	Visualización de parámetros

Fuente: Elaboración propia con base en los registros fotográficos de la práctica profesional.

La prueba inicial permitió comprobar que el sistema electrónico realizaba correctamente la lectura y visualización de las variables en el panel de control. También permitió verificar la respuesta de la interfaz después de la reparación realizada sobre las pistas conductoras del teclado de membrana.

Figura 13. Lectura de temperatura, presión y tiempo durante la inicialización del Automat 3000.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Después de la prueba inicial se realizó una prueba de operación durante la etapa de calentamiento. En esta condición, el equipo alcanzó una temperatura registrada de 99 °C, mientras que la presión indicada en el panel fue de 6 PSI. El tiempo observado durante la prueba correspondió a 20 minutos. En este momento la puerta permanecía cerrada y asegurada mediante el mecanismo correspondiente, permitiendo que el equipo continuara con el proceso de calentamiento.

Durante esta prueba también se observó la activación de los indicadores luminosos asociados al funcionamiento del equipo. La respuesta de estos indicadores permitió comprobar que la tarjeta electrónica estaba ejecutando las funciones correspondientes a la etapa en la que se encontraba el autoclave.

Tabla 3
Lecturas registradas durante la prueba de calentamiento del Automat 3000

Variable	Valor registrado	Condición
Temperatura	99 °C	Etapa de calentamiento
Presión	6 PSI	Lectura durante la prueba
Tiempo	20 min	Tiempo mostrado durante la operación
Estado de la puerta	Cerrada	Equipo en funcionamiento
Indicadores	Activos	Señalización de la etapa de operación

Fuente: Elaboración propia con base en los registros fotográficos de la práctica profesional.

La comparación entre la condición inicial y la prueba de calentamiento permitió observar el incremento de temperatura de 32 °C a 99 °C y el cambio de presión de 5 PSI a 6 PSI. Estos cambios evidenciaron que el sistema de calentamiento estaba generando un aumento de las condiciones internas de la cámara y que el sistema electrónico estaba registrando dichos cambios mediante sus sensores.

Es importante aclarar que los valores registrados durante estas pruebas corresponden a las lecturas observadas en el display del equipo durante la intervención. Por lo tanto, estas comprobaciones permitieron evaluar el comportamiento operativo del autoclave, pero no sustituyen una calibración metrológica formal realizada con patrones trazables.

Verificación del sensor de presión

Como parte de las pruebas se revisó nuevamente el comportamiento del sensor de presión MPX5700DP, utilizado por el sistema electrónico para obtener información relacionada con la presión presente en la cámara. De acuerdo con la información técnica del fabricante, este sensor trabaja con una alimentación de aproximadamente 5 VDC y posee un rango de medición de hasta aproximadamente 700 kPa (101,5 PSI), entregando una señal eléctrica analógica proporcional a la presión aplicada.

Durante la intervención se verificaron sus conexiones correspondientes a alimentación, tierra y salida de señal. También se revisó la condición de las terminales y de las conexiones eléctricas asociadas al sensor, con el propósito de descartar problemas de contacto que pudieran afectar la lectura mostrada en el equipo.

La revisión del sensor permitió relacionar las lecturas mostradas por el equipo con el funcionamiento del sistema de medición de presión. La variación observada entre la condición inicial y la etapa de calentamiento permitió comprobar que el sistema estaba recibiendo una señal asociada al cambio de las condiciones internas de la cámara.

Verificación del teclado y respuesta de la interfaz

Después de la reparación de las pistas conductoras del teclado de membrana, se realizaron nuevamente pruebas de los comandos principales. Se comprobaron las funciones relacionadas con START/STOP, PROGRAM, incremento y disminución de parámetros, FILL WATER y OUT WATER.

Estas pruebas permitieron verificar que la reparación de las pistas mediante material conductor de plata restableció la continuidad eléctrica necesaria para que los comandos fueran reconocidos por la tarjeta de control. La comprobación se realizó primero mediante pruebas eléctricas y posteriormente mediante la respuesta del equipo al accionar los diferentes comandos.

Resultado de las pruebas de funcionamiento

Las pruebas realizadas permitieron comprobar la respuesta general del autoclave Automat 3000 después de las actividades de mantenimiento. La interfaz de usuario presentó respuesta ante los comandos comprobados y el display permitió visualizar las variables de temperatura, presión y tiempo.

Asimismo, durante la prueba de calentamiento se observó un aumento de la temperatura de la cámara desde 32 °C hasta 99 °C, acompañado de una variación de la presión registrada de 5 PSI a 6 PSI. Estos datos permitieron confirmar que el equipo estaba realizando el proceso de calentamiento y que las variables estaban siendo registradas por el sistema electrónico.

La revisión posterior de los componentes intervenidos también permitió comprobar que el teclado reparado respondía a los comandos y que las conexiones del sensor de presión permanecían correctamente establecidas. Con estos resultados se dio continuidad al proceso de mantenimiento y se dejó el equipo preparado para la evaluación final de su funcionamiento.

Debe señalarse que las pruebas descritas corresponden a verificaciones funcionales realizadas durante la práctica profesional. Los valores registrados no deben interpretarse como una certificación de calibración metrológica, debido a que una calibración formal requiere la comparación con instrumentos patrón que cuenten con la trazabilidad correspondiente.

En términos generales, la intervención permitió recuperar las funciones revisadas del Automat 3000 y establecer condiciones adecuadas para continuar con las pruebas operativas del equipo. Los resultados obtenidos sirvieron como base para documentar las actividades realizadas y determinar las condiciones finales del autoclave antes de cerrar esta etapa de mantenimiento.

4.1.6. Resultados del mantenimiento del Automat 3000

Una vez finalizadas las actividades de diagnóstico, reparación, restauración y pruebas de funcionamiento, se realizó una valoración general del estado del autoclave Automat 3000. Esta etapa permitió reunir los resultados obtenidos

durante la intervención y establecer las condiciones en las que quedó el equipo después de los trabajos realizados.

Uno de los resultados principales fue la recuperación de la respuesta del teclado de membrana. Después de identificar las interrupciones presentes en algunas de sus pistas conductoras, se realizó la reconstrucción de las zonas afectadas mediante material conductor de plata. Posteriormente se comprobó nuevamente la continuidad eléctrica y se verificó la respuesta de los comandos principales del panel. Esto permitió conservar la membrana original y recuperar su comunicación con la tarjeta electrónica de control.

También se realizó la revisión del sensor de presión MPX5700DP y de sus conexiones eléctricas. Se verificaron las terminales correspondientes a alimentación, tierra y señal, además de revisar las conexiones relacionadas con la tarjeta electrónica. Esta revisión permitió descartar problemas visibles de conexión y comprobar que el sistema continuara recibiendo la señal utilizada para la lectura de presión.

Durante las pruebas de funcionamiento se registraron diferentes valores en el panel del equipo. En la condición inicial se observaron 32 °C de temperatura, 5 PSI de presión y 15 minutos de tiempo, mientras que durante la prueba de calentamiento se registraron 99 °C, 6 PSI y 20 minutos. La diferencia entre las condiciones observadas permitió comprobar que el equipo presentaba cambios en sus variables de operación durante el proceso de calentamiento.

Tabla 4
Comparación de las condiciones registradas durante las pruebas del Automat 3000

Variable	Condición inicial	Prueba de calentamiento
Temperatura	32 °C	99 °C
Presión	5 PSI	6 PSI
Tiempo	15 min	20 min
Estado de la puerta	Abierta	Cerrada
Estado del equipo	Inicialización	Calentamiento

Fuente: Elaboración propia con base en los registros de la práctica profesional.

La comparación de los resultados muestra un incremento de 67 °C en la temperatura registrada entre las dos condiciones de prueba. En el caso de la presión, se presentó una variación de 1 PSI. Estos valores corresponden a las

lecturas observadas directamente en el display del equipo durante las pruebas realizadas en el taller.

Otro resultado importante fue la recuperación física del chasis. Las actividades de desmontaje, limpieza, lijado, aplicación de primer y pintura permitieron mejorar el estado de las superficies metálicas que presentaban deterioro. Una vez terminado el proceso, se realizó nuevamente el montaje de las partes externas y se comprobó visualmente que los elementos quedaran correctamente ubicados.

La intervención permitió, por tanto, atender diferentes aspectos del equipo de manera conjunta. No solamente se trabajó sobre las fallas relacionadas con el sistema electrónico y la interfaz de usuario, sino también sobre las condiciones físicas del chasis y la revisión de los elementos relacionados con las variables de funcionamiento.

Desde el punto de vista del mantenimiento, el procedimiento permitió aplicar una secuencia de trabajo basada en inspección, diagnóstico, intervención, comprobación y prueba final. Esta forma de trabajo facilitó identificar primero las condiciones del equipo antes de realizar reparaciones y posteriormente comprobar los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos también permitieron reconocer la importancia de conservar información sobre las intervenciones realizadas. El registro de los componentes revisados, las actividades ejecutadas y los valores observados durante las pruebas constituye una referencia útil para futuras actividades de mantenimiento del mismo equipo o de otros autoclaves con características similares.

Es importante precisar que las pruebas realizadas durante esta intervención corresponden a una verificación funcional del equipo y no constituyen por sí mismas una certificación de calibración metrológica. La determinación formal de la exactitud de las variables de temperatura y presión requiere instrumentos de referencia adecuados y procedimientos de calibración con la trazabilidad correspondiente.

En conclusión, las actividades realizadas sobre el Automat 3000 permitieron recuperar las funciones que fueron objeto de intervención, comprobar la respuesta de los componentes reparados y mejorar las condiciones físicas del equipo. El autoclave quedó preparado para continuar con las actividades de mantenimiento y evaluación establecidas dentro de la práctica profesional.

4.2 Mantenimiento y verificación de equipos de Rayos X

Durante el desarrollo de la práctica profesional también se realizaron actividades de mantenimiento preventivo y verificación de equipos de Rayos X utilizados para diagnóstico por imágenes. Estas actividades estuvieron orientadas a revisar las condiciones generales de los equipos, comprobar el funcionamiento de sus principales componentes y realizar mediciones de algunos parámetros relacionados con la generación de radiación.

Dentro de los equipos revisados se encontraba el equipo de Rayos X portátil Siemens Polymobil Plus, además de otros equipos de Rayos X encontrados en diferentes instituciones durante las actividades de mantenimiento en campo. Las intervenciones permitieron aplicar conocimientos relacionados con el funcionamiento de los equipos de diagnóstico por imágenes, mantenimiento preventivo, control de calidad y medición de parámetros de exposición.

4.2.1 Identificación y revisión inicial del Siemens Polymobil Plus

Como primera actividad se realizó una inspección general del equipo de Rayos X portátil Siemens Polymobil Plus, con el propósito de reconocer sus principales componentes y establecer las condiciones físicas y funcionales en las que se encontraba antes de realizar las actividades de mantenimiento.

El Siemens Polymobil Plus es un equipo portátil de Rayos X diseñado para realizar estudios radiográficos en diferentes espacios de atención. Su estructura permite desplazar el equipo hasta el lugar donde se encuentra el paciente, evitando que este tenga que ser trasladado hasta una sala fija de radiología cuando las condiciones clínicas requieren realizar el procedimiento en el sitio.

Durante la inspección se revisaron las condiciones externas del equipo, incluyendo el estado general de la estructura, ruedas, sistema de desplazamiento, controles, conexiones eléctricas y elementos visibles asociados al funcionamiento. También se verificó que no existieran daños físicos evidentes que pudieran afectar el uso normal del equipo.

La revisión incluyó el reconocimiento de los elementos principales relacionados con la generación de Rayos X. Entre ellos se encuentra el tubo de Rayos X, encargado de producir la radiación mediante la interacción de electrones acelerados con un material metálico dentro del tubo. También se revisaron los elementos externos asociados al posicionamiento y direccionamiento del haz, así como los controles utilizados para establecer las condiciones de exposición.

Otra parte importante de la revisión correspondió al sistema de colimación. El colimador permite limitar el tamaño del campo de radiación y dispone de un sistema de luz que sirve como referencia para definir el área que será expuesta. Por esta razón, su estado y funcionamiento deben comprobarse durante las actividades de mantenimiento y control del equipo.

De igual manera, se revisaron las condiciones de funcionamiento del equipo antes de realizar las mediciones. Esta revisión permitió establecer una condición inicial y detectar aspectos que posteriormente debían ser comprobados mediante los instrumentos utilizados durante la práctica.

Figura 14. Equipo de Rayos X portátil Siemens Polymobil Plus durante la inspección inicial.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Revisión general del sistema de Rayos X

Después de la inspección externa se realizó una revisión general de los componentes accesibles del equipo. Se verificaron las condiciones de los cables, conectores, controles y elementos mecánicos relacionados con el movimiento y posicionamiento del equipo.

También se revisó el conjunto formado por el tubo de Rayos X y el colimador, prestando atención a su estado físico y a la posibilidad de realizar correctamente los movimientos necesarios para posicionar el campo de exposición.

La revisión del tubo de Rayos X resulta importante debido a que este componente constituye una de las partes principales del sistema. Dentro del tubo se generan los Rayos X mediante la aceleración de electrones desde el cátodo hacia el ánodo. La cantidad y energía de la radiación producida dependen, entre otros factores, de las condiciones de exposición seleccionadas en el equipo.

En el mantenimiento preventivo también se verificó que los diferentes elementos del equipo conservaran condiciones adecuadas para su operación. Las inspecciones visuales y funcionales realizadas permitieron identificar posibles condiciones de desgaste, suciedad, deterioro o desajuste que pudieran requerir atención antes de continuar con las pruebas.

Revisión del colimador

Una de las actividades realizadas correspondió a la revisión del sistema de colimación. El colimador se encuentra ubicado en la salida del tubo de Rayos X y permite ajustar el tamaño del campo de radiación mediante sus mecanismos de apertura y cierre.

Durante la revisión se comprobó el movimiento de los elementos de regulación del campo y el funcionamiento del sistema de iluminación utilizado como referencia para el posicionamiento. La finalidad fue verificar que el campo indicado mediante la luz correspondiera de manera adecuada con la zona que posteriormente sería expuesta a la radiación.

Esta comprobación es importante porque una diferencia entre el campo luminoso y el campo de radiación puede hacer que el área irradiada no corresponda exactamente con la zona seleccionada para el estudio. Por esta razón, la coincidencia entre ambos campos forma parte de las verificaciones realizadas durante el control de calidad de los equipos de radiología.

Figura 15. Revisión del sistema de colimación del equipo de Rayos X.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

La inspección inicial permitió establecer las condiciones generales del Siemens Polymobil Plus antes de realizar las mediciones. A partir de esta revisión se continuó con las pruebas relacionadas con los parámetros de exposición y con la comprobación del sistema de colimación mediante los instrumentos disponibles durante la práctica.

De esta manera, el procedimiento se desarrolló siguiendo una secuencia de revisión general, comprobación de componentes y posteriormente medición de parámetros, evitando realizar las pruebas sin conocer previamente el estado físico y funcional del equipo.

4.2.2 Verificación del sistema de colimación y coincidencia del campo de radiación

Después de realizar la inspección general del equipo Siemens Polymobil Plus, se continuó con la revisión del sistema de colimación. Esta actividad tuvo como propósito comprobar que el mecanismo de regulación del campo y el sistema de iluminación funcionaran correctamente y que el área indicada por la luz correspondiera de manera adecuada con el campo de radiación producido durante la exposición.

El colimador es un componente ubicado en la salida del tubo de Rayos X y está compuesto por elementos que permiten limitar el tamaño del campo de radiación.

Su utilización permite seleccionar únicamente el área necesaria para realizar el estudio, evitando ampliar el campo de exposición más allá de la zona requerida.

Para iniciar la prueba se realizó una inspección del funcionamiento de las perillas y mecanismos de apertura y cierre del colimador. Se comprobó que los elementos de regulación permitieran modificar el tamaño del campo de manera adecuada y que no presentaran bloqueos o movimientos anormales.

Posteriormente se verificó el funcionamiento de la lámpara del colimador. La iluminación permite proyectar sobre el área de trabajo una referencia aproximada del campo que será utilizado durante la exposición. Para esta revisión se observó que la iluminación fuera uniforme y que la referencia proyectada pudiera identificarse correctamente.

Figura 16. Verificación del campo luminoso generado por el colimador del equipo de Rayos X.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Una vez comprobado el funcionamiento del sistema de iluminación, se realizó la prueba de coincidencia entre el campo luminoso y el campo de radiación. Para ello se utilizó un dispositivo de prueba destinado a establecer referencias sobre el área de exposición. El procedimiento permitió comparar la posición y dimensiones del campo indicado por el colimador con el campo producido durante la emisión de Rayos X.

Durante la prueba se ubicó el dispositivo de comprobación sobre la superficie destinada a recibir la exposición, procurando mantener una posición adecuada

respecto al eje central del haz. Posteriormente se ajustó el campo luminoso mediante los controles del colimador y se realizó la exposición correspondiente siguiendo las condiciones establecidas para la prueba.

Figura 17. Disposición del dispositivo de prueba para la verificación de coincidencia del campo luminoso y el campo de radiación.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Después de realizar la exposición, se compararon las referencias obtenidas con las posiciones establecidas previamente mediante el sistema de iluminación. Esta comparación permitió determinar si existía un desplazamiento apreciable entre el campo luminoso y el campo de radiación.

La coincidencia entre ambos campos es importante debido a que el operador utiliza la referencia luminosa para definir la zona que desea estudiar antes de realizar la exposición. Cuando existe una diferencia significativa, el área irradiada puede no corresponder exactamente con la zona seleccionada inicialmente.

Además de la coincidencia del campo, durante la revisión se tuvo en cuenta la alineación general del sistema de colimación con respecto al tubo de Rayos X. Una correcta posición de estos elementos permite que el haz se dirija de manera adecuada hacia el área seleccionada para el estudio.

La prueba permitió complementar la inspección visual realizada inicialmente y obtener una comprobación práctica del comportamiento del colimador. De esta manera, la revisión no se limitó al funcionamiento mecánico de las perillas y la

lámpara, sino que también permitió comprobar el resultado del campo de radiación generado por el equipo.

Es importante señalar que las pruebas realizadas durante la práctica correspondieron a actividades de verificación y control efectuadas con los elementos disponibles en el lugar de trabajo. Los resultados obtenidos fueron registrados como parte de la documentación de mantenimiento y sirvieron para establecer las condiciones observadas durante la intervención.

Una vez terminada la prueba de colimación, se continuó con la verificación de los parámetros de exposición del equipo mediante el analizador de Rayos X utilizado durante la práctica. Esta siguiente actividad permitió comparar los valores seleccionados en el panel del equipo con los valores medidos durante la emisión.

Figura 18. Resultado de la prueba de coincidencia del campo de radiación del equipo de Rayos X.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

4.2.3 Medición de parámetros de exposición mediante RaySafe X2

Después de realizar la revisión del sistema de colimación, se continuó con la comprobación de los parámetros de exposición de los equipos de Rayos X. Esta actividad tuvo como finalidad comparar los valores seleccionados en el panel de control del equipo con los valores registrados mediante un instrumento de medición especializado.

Para realizar estas comprobaciones se utilizó el analizador RaySafe X2, empleado durante las actividades de mantenimiento y verificación de los equipos de Rayos X. Este instrumento permite realizar mediciones relacionadas con diferentes parámetros de la exposición, entre ellos la tensión del tubo, el tiempo de exposición y la cantidad de radiación registrada durante una prueba.

Antes de iniciar las mediciones se verificó la ubicación del instrumento con respecto al haz de Rayos X. El detector se colocó de acuerdo con las condiciones establecidas para la prueba, procurando que permaneciera correctamente alineado con el campo de radiación. Esta ubicación es importante porque una posición incorrecta puede afectar el resultado de la medición.

Figura 19. Ubicación del analizador RaySafe X2 para la medición de los parámetros de exposición.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Una vez ubicado el instrumento, se establecieron los parámetros de exposición en el equipo de Rayos X. Las condiciones seleccionadas fueron registradas para posteriormente compararlas con los valores obtenidos por el analizador.

Uno de los parámetros revisados fue la tensión del tubo, expresada en kilovoltios pico (kVp). Este valor se relaciona con la energía de los electrones que participan en la generación de los Rayos X y, por lo tanto, influye en las características del haz producido.

También se verificó el tiempo de exposición, expresado en milisegundos (ms). Este parámetro corresponde al tiempo durante el cual se mantiene la emisión de Rayos X y constituye uno de los valores que deben ser controlados durante la operación del equipo.

Otro aspecto observado correspondió a la cantidad de radiación registrada por el instrumento durante la exposición. Dependiendo de la configuración del equipo y del instrumento utilizado, esta información puede expresarse mediante unidades relacionadas con la dosis o el rendimiento de radiación.

Después de cada exposición se revisaron los datos mostrados por el RaySafe X2 y se compararon con los parámetros establecidos previamente en el equipo. Esta comparación permitió identificar posibles diferencias entre el valor seleccionado y el valor realmente registrado durante la exposición.

Figura 20. Lectura de los parámetros de exposición registrada mediante el analizador RaySafe X2.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Para organizar los resultados obtenidos durante las pruebas se realizó el registro de los valores seleccionados y medidos. Esta información permite llevar un seguimiento de las condiciones encontradas en el equipo y facilita la identificación de posibles variaciones durante futuras actividades de mantenimiento.

Tabla 5
Registro de parámetros seleccionados y medidos durante la prueba de Rayos X

Parámetro	Valor seleccionado en el equipo	Valor registrado por RaySafe X2
Tensión del tubo	81 kV	79,0 kVp

Corriente-tiempo	2,5 mAs	No registrado directamente
Tiempo de exposición	No indicado en consola	41,9 ms
Tasa de dosis	No aplica	3,69 mGy/s
Dosis / exposición	No aplica	817,3 µGy
Dosis acumulada	No aplica	9,982 mGy
Capa hemirreductora (HVL)	No aplica	4,0 mm Al
Número de pulsos	No aplica	1

Fuente: Elaboración propia con base en los registros de la práctica profesional.

La comparación de los valores permitió observar el comportamiento del equipo durante las exposiciones realizadas. En caso de presentarse diferencias entre los valores seleccionados y los valores medidos, estas deben analizarse teniendo en cuenta las tolerancias establecidas para el tipo de equipo y la prueba realizada.

También se realizaron exposiciones repetidas cuando fue necesario, con el propósito de observar si las lecturas mantenían un comportamiento similar bajo las mismas condiciones. La repetibilidad es un aspecto importante en la revisión de los equipos de Rayos X, ya que permite identificar cambios que podrían indicar problemas en el funcionamiento del sistema.

Durante estas actividades se tuvo especial cuidado con las condiciones de seguridad relacionadas con la generación de radiación ionizante. Las pruebas fueron realizadas siguiendo los procedimientos establecidos en el lugar de práctica y utilizando los elementos e instrumentos destinados para este tipo de verificaciones.

Los resultados obtenidos mediante el RaySafe X2 complementaron la inspección visual y la revisión del colimador realizada anteriormente. Mientras que la inspección permitió valorar las condiciones físicas y mecánicas del equipo, las mediciones proporcionaron información sobre el comportamiento de los parámetros durante la exposición.

Una vez finalizadas las mediciones, los valores registrados fueron utilizados como referencia para determinar las condiciones de funcionamiento observadas durante la práctica. Estos resultados también permitieron establecer si era necesario realizar ajustes, repetir alguna prueba o continuar con las siguientes actividades de mantenimiento.

Es importante aclarar que los valores que aparecen en la Tabla 5 deben corresponder exactamente a los registros obtenidos durante la práctica. Por esta razón, no se asignan valores numéricos que no se encuentren documentados en las fotografías, formatos o registros de mantenimiento.

Con esta actividad se completó la primera parte de la verificación de los equipos de Rayos X y se estableció la información necesaria para continuar con el diseño y comprobación de la tarjeta temporizadora utilizada en el sistema de iluminación del colimador.

4.2.4. Análisis final de las pruebas realizadas en el equipo de Rayos X

Las pruebas realizadas permitieron comprobar el comportamiento del equipo de Rayos X bajo las condiciones seleccionadas durante la intervención. Para la medición se establecieron en la consola valores de 81 kV y 2,5 mAs, mientras que el analizador RaySafe X2 registró una tensión de 79,0 kVp, un tiempo de exposición de 41,9 ms y una tasa de dosis de 3,69 mGy/s. También se obtuvo una capa hemirreductora de 4,0 mm Al y una lectura de dosis de 817,3 µGy durante la exposición.

La comparación entre los valores seleccionados y los obtenidos permitió identificar el comportamiento real del equipo durante la generación de la radiación. La diferencia entre los 81 kV seleccionados y los 79,0 kVp registrados corresponde a 2 kV, mientras que los demás valores obtenidos permitieron contar con información adicional sobre la exposición realizada. Estos datos fueron registrados como parte de las actividades de verificación efectuadas durante la práctica y sirven como referencia para el seguimiento del funcionamiento del equipo.

De igual manera, la revisión del colimador permitió comprobar visualmente la correspondencia entre el campo luminoso utilizado como referencia y el área establecida para la exposición. Esta actividad se complementó con las mediciones realizadas mediante el RaySafe X2, permitiendo realizar una revisión conjunta de aspectos relacionados con la emisión y la delimitación del campo de radiación.

Con las actividades anteriores se dio por terminada la intervención correspondiente a los equipos de Rayos X. Los registros obtenidos, las mediciones realizadas y las observaciones encontradas durante el proceso fueron utilizados como base para consolidar los resultados generales de la práctica profesional. De esta manera, se finalizó la etapa de mantenimiento y verificación de equipos de Rayos X y se procedió con las actividades relacionadas con la organización de la bodega e inventario mediante gestión visual (5S).

Figura 21. Equipo de Rayos X después de las actividades de revisión y verificación.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

4.3. Organización de bodega e inventario mediante gestión visual (5S)

Durante el desarrollo de la práctica profesional también se realizaron actividades relacionadas con la organización de la bodega de Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S, teniendo en cuenta la importancia de mantener disponibles y correctamente identificados los repuestos, componentes electrónicos, herramientas e insumos utilizados en las actividades de mantenimiento.

La revisión inicial permitió observar que en el área de almacenamiento se encontraban diferentes tipos de elementos utilizados para las intervenciones de los equipos biomédicos. Entre estos se encontraban tarjetas electrónicas, componentes eléctricos, repuestos para equipos de Rayos X, elementos utilizados en equipos de mamografía, reguladores de oxígeno, cables, conectores y otros materiales de uso técnico. Debido a la variedad de elementos almacenados, se consideró necesario establecer una organización que facilitara su identificación y posterior localización.

La actividad comenzó con una revisión general del espacio disponible y de los elementos almacenados. Se identificaron aquellos componentes que podían ser utilizados en futuras reparaciones y se separaron de materiales que no correspondían a la actividad técnica o que requerían una revisión antes de volver a ser utilizados. Esta primera clasificación permitió tener una visión más clara de los elementos disponibles en la bodega.

Posteriormente, los repuestos fueron agrupados teniendo en cuenta su tipo y posible utilización. Se procuró mantener juntos los elementos que tenían

características o funciones similares, evitando mezclar componentes de diferentes equipos sin una identificación clara. Esta organización permitió aprovechar mejor el espacio disponible y facilitó la búsqueda de los elementos durante las actividades de mantenimiento.

Dentro de la clasificación realizada se prestó especial atención a las tarjetas electrónicas y repuestos correspondientes a equipos biomédicos específicos. También se organizaron componentes eléctricos y electrónicos de uso general, procurando que cada grupo tuviera una ubicación definida. De esta manera, cuando se requiere un determinado componente para una intervención, es posible realizar una búsqueda más directa sin tener que revisar todo el contenido de la bodega.

Figura 22. Estado inicial del área de almacenamiento de repuestos y componentes biomédicos.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Después de realizar la clasificación, se inició la organización física de los elementos en los espacios disponibles. Para ello se utilizaron estanterías, recipientes y zonas previamente definidas, procurando mantener los elementos visibles y de fácil

acceso. También se tuvo en cuenta el tamaño y tipo de cada componente para evitar daños durante su almacenamiento.

La identificación de los elementos fue otro aspecto importante de la actividad. Se utilizaron etiquetas y descripciones que permitieran reconocer con mayor facilidad el contenido de cada espacio o recipiente. En el caso de los repuestos correspondientes a equipos específicos, se procuró incluir información que facilitara relacionarlos con el equipo al cual podían pertenecer.

Esta forma de organización se relaciona con los principios de la metodología 5S, especialmente con las actividades de clasificación y orden. La aplicación de estos principios permite aprovechar mejor los espacios de trabajo y facilitar la localización de herramientas y materiales necesarios para realizar las actividades diarias.

Figura 23. Clasificación y organización de repuestos y componentes técnicos de la bodega.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Como complemento de la organización física, se realizó un registro de los elementos disponibles mediante una herramienta digital. Para este propósito se utilizó Microsoft Excel, donde se registró información relacionada con los componentes

encontrados y su ubicación. El registro permitió contar con una referencia adicional para consultar los elementos disponibles sin depender únicamente de la revisión física de las estanterías.

En el registro se incluyeron datos como el nombre o descripción del elemento, tipo de componente, equipo al que corresponde cuando esta información estaba disponible y ubicación dentro de la bodega. También se incorporó información visual mediante fotografías de algunos elementos, con el propósito de facilitar su reconocimiento.

La elaboración de este registro permitió relacionar la organización física de la bodega con el control de los repuestos disponibles. Además, facilita la actualización de la información cuando ingresan nuevos componentes, se utilizan repuestos existentes o se requiere realizar una revisión del inventario.

Figura 24. Registro digital de repuestos y componentes de la bodega mediante Microsoft Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	INVENTARIO DE EQUIPOS GUARDADOS PARA VENTA ALQUILER							
2	**Empresa**: Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.							
3	**Área/Bodega**: Oficina central							
4	**Responsable**: John herrera							
5	**Fecha de inventario**: 25/05/2026							
6								
7	**Columna1**	**Columna2**	**Columna3**	**Columna4**	**Columna5**	**Columna6**	**Columna7**	**Columna8**
8	Ítem	Nombre del equipo	Marca	Modelo	serial	Estado (Bueno/Regular/Malo	Valor estimado	Observaciones
9	1	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A52161834C	Bueno		35.4 * 43.0
10	2	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A56927627C	Bueno		35.4 * 43.0
11	3	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A51678937C	Bueno		35.4 * 35.4
12	4	Digitalizador	FUJIFILM	CR-IR 392	36963479	Bueno		
13	5	Casete rayos x	CARESTREAM	CARESTREAM CR	9.71554E+14	Bueno		
14	6	Digitalizador	CARESTREAM	Directview vita	K5241 - 9853	Bueno		
15	7	Desfibrillator monitor	COMEN	S1	1SBE0000734	Bueno		425mm* 500mm
16	8	Transductor lineal	LOGIQ E	No	No	Bueno		
17	9	Ecografo	LOGIQ E	Movile car	110V1418368	Bueno		

Fuente: Archivo de la práctica profesional.

Una vez finalizada la organización, se realizó una revisión general del área para comprobar que los elementos quedaran ubicados en los espacios establecidos y que las etiquetas fueran visibles. También se verificó que los componentes de uso frecuente permanecieran en lugares de fácil acceso y que los elementos de características similares estuvieran agrupados.

La organización realizada permitió mejorar la distribución del espacio y facilitar la identificación de los componentes disponibles. Además, el registro digital establecido constituye una herramienta de apoyo para las actividades posteriores

de mantenimiento, ya que permite consultar con mayor facilidad la existencia de determinados repuestos antes de realizar una compra o solicitar un componente.

De esta manera, la actividad de organización de la bodega no se limitó al ordenamiento físico de los elementos, sino que también permitió establecer una forma básica de control y consulta del inventario técnico. Esto contribuye a mejorar el desarrollo de las actividades del taller y sirve como base para mantener una organización permanente de los materiales utilizados en el mantenimiento de los equipos biomédicos.

4.3.1. Clasificación y organización de los repuestos

Después de realizar la revisión general de la bodega, se procedió a clasificar los elementos encontrados de acuerdo con su tipo, uso y relación con los equipos biomédicos atendidos por la empresa. Esta actividad permitió separar los diferentes materiales y establecer una ubicación más clara para cada grupo de repuestos.

La clasificación incluyó tarjetas electrónicas, componentes eléctricos, cables, conectores, sensores, reguladores, repuestos para equipos de Rayos X, elementos relacionados con equipos de mamografía y otros componentes utilizados durante las actividades de mantenimiento. Cuando fue posible identificar el equipo al que pertenecía cada repuesto, esta información fue tenida en cuenta para facilitar su posterior búsqueda.

Durante el proceso también se revisó el estado general de los elementos almacenados. Los componentes que presentaban suciedad, empaques deteriorados o condiciones que requerían una revisión adicional fueron separados para evitar que fueran utilizados directamente sin comprobar previamente su estado. De esta manera, la organización permitió no solamente mejorar la distribución del espacio, sino también tener mayor claridad sobre los materiales que realmente podían estar disponibles para futuras intervenciones.

Posteriormente, los elementos clasificados fueron ubicados en las estanterías y espacios disponibles, procurando mantener juntos los componentes que tenían características similares. Se evitó colocar repuestos de diferentes equipos sin una identificación que permitiera diferenciarlos, especialmente en el caso de tarjetas electrónicas y componentes específicos.

La ubicación de los elementos se realizó buscando que los repuestos de mayor uso fueran de fácil acceso y que los componentes menos utilizados permanecieran organizados sin interferir con las actividades diarias. También se procuró mantener

libres los espacios de circulación y evitar la acumulación innecesaria de materiales sobre las superficies de trabajo.

Figura 25. Clasificación y ubicación de repuestos biomédicos en el área de almacenamiento.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Como parte de la organización, se implementó la identificación mediante etiquetas y descripciones sencillas. Estas permitieron reconocer el contenido de los espacios sin necesidad de revisar individualmente cada componente. En los casos en los que se contaba con información suficiente, se indicó el nombre del repuesto, su categoría y el equipo relacionado.

Esta forma de identificación facilitó la relación entre el inventario físico y el registro digital elaborado durante la práctica. De esta manera, la información disponible en la hoja de cálculo podía relacionarse con la ubicación real de los elementos dentro de la bodega.

La clasificación y organización realizada permitió establecer una distribución más ordenada de los repuestos y facilitó las actividades posteriores de búsqueda. Además, dejó una base para continuar actualizando el inventario a medida que ingresen nuevos materiales o se utilicen los componentes disponibles.

Figura 26. Identificación y etiquetado de los espacios destinados al almacenamiento de repuestos.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Una vez terminada esta actividad, se realizó una revisión general de la distribución para comprobar que los elementos estuvieran correctamente ubicados y que las etiquetas pudieran identificarse con facilidad. Con esta revisión se dio continuidad al proceso de gestión del inventario y al registro de los materiales disponibles en la empresa.

4.3.2. Registro y control del inventario

Una vez realizada la clasificación y organización física de los repuestos, se procedió a registrar la información de los elementos disponibles en la bodega. Para esta actividad se utilizó Microsoft Excel como herramienta de apoyo, debido a que permite organizar la información y realizar modificaciones cuando se presentan cambios en el inventario.

El registro se realizó teniendo en cuenta la información que podía ser identificada en cada elemento. Se incluyeron datos como la descripción del repuesto o componente, categoría, equipo al que corresponde cuando esta información estaba disponible, cantidad y ubicación dentro del área de almacenamiento. También se utilizaron fotografías de algunos elementos para facilitar su reconocimiento.

La elaboración del registro permitió relacionar la información digital con la distribución física de la bodega. De esta manera, la búsqueda de un determinado repuesto puede comenzar desde el registro y posteriormente continuar con su ubicación en la estantería correspondiente. Esto representa una mejora frente a la búsqueda realizada únicamente mediante inspección visual de todos los elementos almacenados.

Durante el registro también se tuvo en cuenta la necesidad de mantener la información actualizada. Los repuestos que sean utilizados durante una intervención deben ser descontados del inventario y los nuevos elementos que ingresen a la empresa deben incorporarse al registro. De esta forma, la herramienta puede mantenerse como un apoyo permanente para el control de los materiales disponibles.

La información organizada permite además identificar con mayor facilidad aquellos componentes que tienen mayor importancia para las actividades de mantenimiento. Esto resulta especialmente útil cuando se requiere atender equipos que presentan una falla y es necesario determinar rápidamente si existe un repuesto disponible en la bodega.

Figura 27. Registro digital de los elementos disponibles en la bodega mediante Microsoft Excel.

HERRAMIENTAS	MARCA	MODELO	SERIE	ESTADO	POSICION	ACCESORIOS	FOTO	EN PRESTA
Juego de dados	Sata	3510	NA	Incompleto	Stand 1, Bloque 2	Hace falta dado numero 16		
Taladro percutor + llave de impacto	Bosch	GSB180LI	3165140353254	Bueno	Stand 1, Bloque 2	si		
Pulidora inalambrica	Einhell	21043	627FKY4	Bueno	Stand 1, Bloque 2	Si, empuñadura,bateria,disco, cargador, llave		
Taladro inalambrico	Einhell	TE-CD 18LI-IBL	64K0M0P	Bueno	Stand 1, Bloque 2	2 Baterias, cargador y empuñadura		
Taladro inalambrico	Dewalt	DCD7781	207858	Bueno	Stand 1, Bloque 2	Si, dos baterias y un cargador		

Fuente: Archivo de la práctica profesional.

Como complemento al registro, se estableció una relación entre las categorías utilizadas en la hoja de cálculo y los espacios definidos físicamente en la bodega. Esta relación facilita la localización de los componentes y permite que otras personas que realicen actividades en el área puedan comprender con mayor facilidad la forma en que fueron organizados los elementos.

El registro digital constituye, por lo tanto, una herramienta de apoyo para las actividades de mantenimiento de la empresa. Su utilidad depende de que la información sea revisada y actualizada de manera periódica, especialmente después de utilizar o recibir nuevos repuestos.

Con esta actividad se completó la organización básica del inventario y se dejó establecida una forma de consulta que complementa la distribución física realizada en la bodega. Posteriormente se efectuó una revisión general para valorar los cambios obtenidos después de las actividades de clasificación, organización e identificación.

4.3.3. Verificación final de la organización de la bodega

Finalizada la clasificación, organización e identificación de los elementos almacenados, se realizó una revisión general de la bodega con el propósito de comprobar las condiciones en las que quedó el área después de las actividades desarrolladas durante la práctica profesional.

La revisión permitió comprobar que los repuestos y componentes se encontraran distribuidos de acuerdo con las categorías establecidas y que los espacios utilizados para su almacenamiento permanecieran identificados. También se verificó que los elementos de uso frecuente fueran de fácil acceso y que las zonas de circulación y trabajo se mantuvieran despejadas.

De igual manera, se comparó la organización física con la información registrada en el archivo digital de inventario. Esta comparación permitió comprobar que los elementos registrados pudieran relacionarse con su ubicación dentro de la bodega y que la información disponible sirviera como apoyo para la búsqueda de los componentes.

La aplicación de los principios de clasificación y orden permitió mejorar la distribución de los materiales y disminuir la necesidad de realizar búsquedas prolongadas entre diferentes elementos. Además, la identificación mediante etiquetas facilitó el reconocimiento de los espacios destinados a cada categoría de repuestos.

La revisión final también permitió identificar que el mantenimiento del orden debe realizarse de manera continua. La incorporación de nuevos repuestos, el uso de componentes durante las reparaciones y el traslado de elementos entre diferentes ubicaciones pueden modificar con el tiempo la distribución inicial. Por esta razón, se considera necesario mantener actualizado el registro y realizar revisiones periódicas del área.

Como resultado de esta actividad, la empresa quedó con una distribución más organizada de los materiales utilizados en las labores de mantenimiento y con un registro digital que sirve como apoyo para consultar los elementos disponibles. La organización realizada también permitió establecer una base para continuar mejorando el control de los repuestos y mantener una mayor facilidad de acceso a los componentes requeridos durante las intervenciones técnicas.

Con esta actividad se dio por terminado el desarrollo de las principales actividades realizadas durante la práctica profesional. Los procedimientos descritos en este capítulo constituyen la base para presentar y analizar los resultados obtenidos en el siguiente capítulo.

4.4 DISEÑO Y DESARROLLO DE LA TARJETA TEMPORIZADORA UNIVERSAL

Durante la práctica profesional también se desarrolló una tarjeta temporizadora universal destinada al control del tiempo de encendido de la lámpara halógena utilizada en el sistema de iluminación del colimador de equipos de Rayos X. Esta actividad permitió aplicar los conocimientos adquiridos en electrónica y relacionarlos con una necesidad encontrada durante las labores de mantenimiento realizadas en la empresa.

El desarrollo de la tarjeta surgió como una alternativa para disponer de un circuito de temporización que pudiera ser utilizado en este tipo de aplicación. La propuesta se basó en el uso del circuito integrado NE555, junto con elementos de regulación, protección, temporización y conmutación. El diseño buscó que la lámpara permaneciera encendida durante un tiempo establecido y posteriormente se apagara de manera automática, evitando que el operador tuviera que mantener activado manualmente el sistema durante toda la prueba.

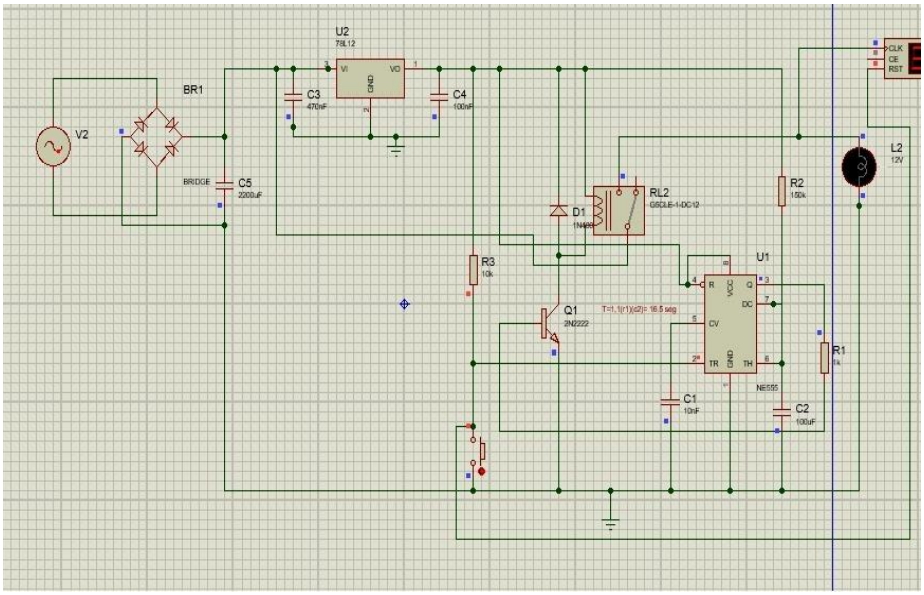
4.4.1 Diseño y simulación del circuito

Como primera etapa se realizó el diseño del circuito electrónico mediante el software Proteus. En esta fase se definieron los componentes necesarios y se realizaron las conexiones correspondientes para el funcionamiento del temporizador.

El circuito utilizó un NE555 configurado en modo monoestable, acompañado de una resistencia y un capacitor encargados de establecer el tiempo de activación. También se incluyeron elementos relacionados con la alimentación y la conmutación de la carga. Para el diseño se tuvo en cuenta el voltaje disponible y las características de funcionamiento de los componentes utilizados.

La simulación permitió revisar previamente el comportamiento del circuito y realizar ajustes antes de efectuar el montaje físico. De esta manera fue posible comprobar la respuesta de la salida del temporizador y verificar que el diseño cumpliera con la función esperada.

Figura 28. Diagrama esquemático del circuito temporizador universal en Proteus.



Fuente: Elaboración propia.

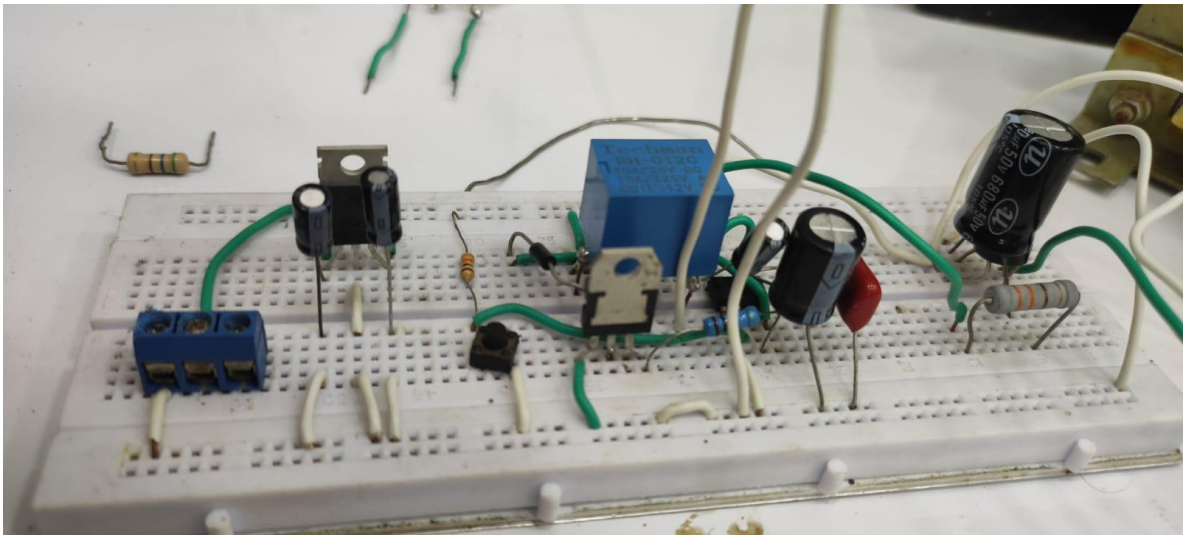
4.4.2 Montaje y comprobación en protoboard

Después de realizar el diseño y la simulación, se procedió al montaje inicial del circuito en una protoboard. Esta etapa permitió comprobar el funcionamiento de los componentes en condiciones reales antes de realizar el montaje definitivo de la tarjeta.

Durante las pruebas se verificaron principalmente la alimentación del circuito, la generación del tiempo de temporización y la activación de la salida encargada de controlar la lámpara. También se revisaron las conexiones entre los diferentes componentes para detectar posibles errores de montaje.

El uso de la protoboard permitió realizar modificaciones de manera sencilla y comprobar el comportamiento del circuito antes de trasladarlo a una tarjeta de circuito impreso. Esta etapa fue importante para reducir la posibilidad de errores durante la elaboración del montaje definitivo.

Figura 29. Montaje y validación inicial del circuito en protoboard.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

4.4.3 Elaboración y ensamble de la tarjeta

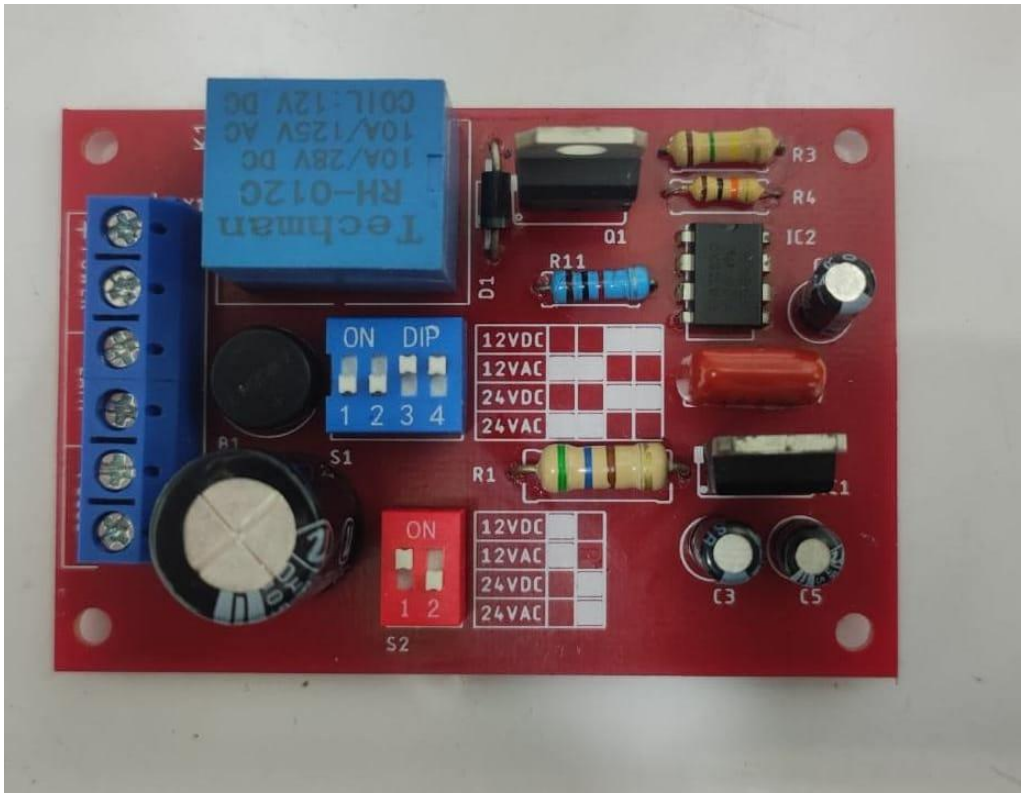
Una vez comprobado el funcionamiento del circuito en protoboard, se realizó el montaje definitivo de los componentes en la tarjeta de circuito impreso (PCB). En

esta etapa se organizaron los componentes de acuerdo con el diseño previamente realizado y se efectuaron las conexiones correspondientes.

Durante el ensamble se tuvo en cuenta la correcta ubicación de los componentes y la continuidad de las conexiones. Posteriormente se realizó una inspección visual de la tarjeta para comprobar que no existieran conexiones incorrectas, componentes mal instalados o puntos que pudieran afectar su funcionamiento.

El resultado de esta etapa fue una tarjeta temporizadora ensamblada y lista para realizar las pruebas de funcionamiento con la carga correspondiente.

Figura 30. Tarjeta de circuito impreso (PCB) ensamblada y finalizada.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

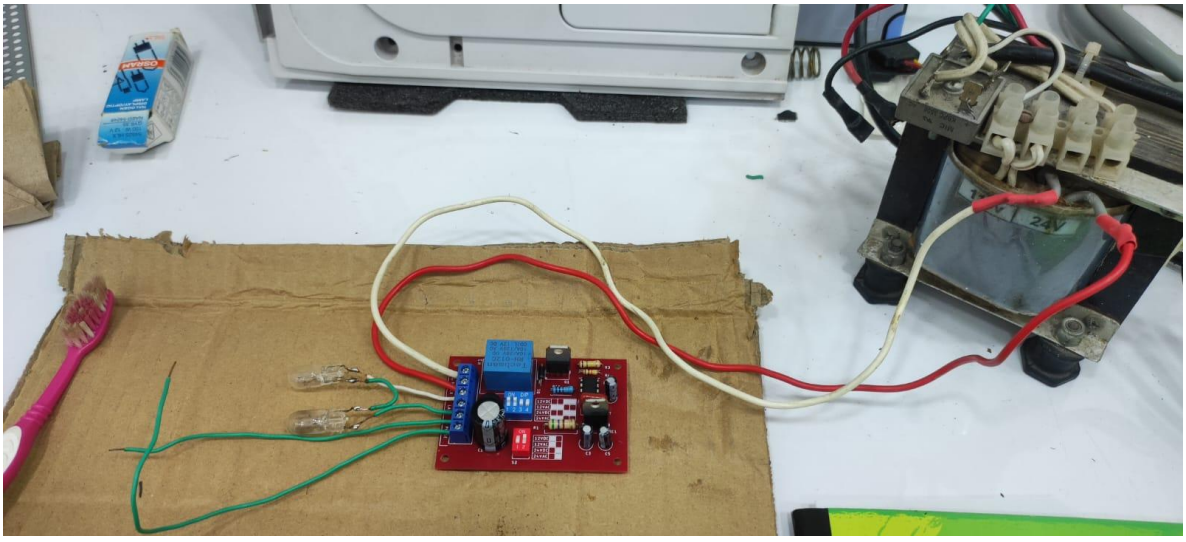
4.4.4 Prueba de funcionamiento y temporización

Finalmente, se realizó una prueba de funcionamiento de la tarjeta conectada al sistema de iluminación. Durante esta prueba se comprobó la activación de la lámpara y el tiempo durante el cual permaneció encendida.

La prueba permitió obtener un tiempo de temporización de aproximadamente 16,7 segundos, valor cercano al tiempo esperado de acuerdo con el diseño realizado. Con esta comprobación se verificó que la tarjeta podía realizar la función para la cual fue diseñada, activando la iluminación durante un periodo determinado y realizando posteriormente su desconexión.

Esta prueba permitió validar el funcionamiento práctico del circuito y completar el proceso de diseño, montaje y comprobación de la tarjeta temporizadora universal.

Figura 31. Prueba de funcionamiento de la tarjeta con temporización del halógeno (16,7 s).



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

5 RESULTADOS

Con las actividades descritas en este apartado se da cumplimiento al Objetivo Específico 1, enfocado en diagnosticar, reparar y restaurar los componentes electrónicos, electromecánicos y la estructura física del autoclave Automat 3000, garantizando la recuperación de sus variables operativas de temperatura, presión y tiempo.

Durante el desarrollo de la práctica profesional se realizaron diferentes actividades relacionadas con el mantenimiento, revisión y verificación de equipos biomédicos, así como con la organización de componentes y el desarrollo de una solución electrónica aplicada.

En el autoclave Automat 3000 se logró identificar el estado de los principales componentes del sistema de control, realizar la reparación de las pistas conductoras del teclado de membrana y verificar posteriormente la respuesta de las diferentes funciones del panel. También se revisaron las conexiones y el funcionamiento de sensores y elementos asociados al sistema de control. Las pruebas realizadas permitieron registrar valores de temperatura, presión y tiempo durante las etapas de funcionamiento del equipo.

En el equipo de Rayos X se realizaron actividades de inspección del sistema de colimación y verificación del campo luminoso, además de mediciones de los parámetros de exposición mediante el analizador RaySafe X2. Los resultados obtenidos permitieron comprobar las condiciones de funcionamiento del equipo durante las pruebas realizadas.

También se realizó la organización del área de almacenamiento de repuestos y componentes biomédicos, aplicando criterios de clasificación y gestión visual. Esta actividad permitió mejorar la distribución de los elementos y facilitar su identificación y localización.

Como parte de las actividades de electrónica aplicada, se diseñó y desarrolló una tarjeta temporizadora universal. Primero se realizó la simulación del circuito, posteriormente se efectuó el montaje de prueba y finalmente se realizó el ensamble de la tarjeta. La prueba de funcionamiento permitió comprobar la generación del tiempo de temporización establecido para el circuito, utilizando una carga de prueba.

Finalmente, se realizó un análisis técnico de la viabilidad de implementar un PLC propio para la automatización de autoclaves. Este análisis permitió identificar los componentes, variables y condiciones que deberían considerarse para un futuro desarrollo, sin llegar a la construcción o programación de un PLC durante la práctica.

5.1. Resultados del diagnóstico y mantenimiento del autoclave Automat 3000

Las actividades realizadas sobre el autoclave Automat 3000 permitieron identificar y atender diferentes condiciones que afectaban su funcionamiento. La intervención incluyó la revisión de la tarjeta electrónica, el teclado de membrana, el sensor de presión MPX5700DP, las conexiones eléctricas y los elementos relacionados con el desarrollo del ciclo de esterilización.

Uno de los principales resultados obtenidos fue la recuperación del teclado de membrana. Durante el diagnóstico se encontraron interrupciones en algunas de sus pistas conductoras, situación que podía impedir el reconocimiento de determinados comandos por parte de la tarjeta electrónica. Después de realizar la reparación mediante material conductor de plata, se efectuaron nuevamente las pruebas de continuidad y posteriormente se comprobó la respuesta de las teclas conectadas al sistema.

La reparación permitió conservar el teclado original del equipo y recuperar su función como interfaz de operación. Los comandos revisados respondieron correctamente durante las pruebas realizadas, permitiendo utilizar nuevamente las funciones disponibles en el panel de control.

También se realizó la revisión del sensor de presión MPX5700DP y de sus conexiones. El sensor cuenta con una alimentación de 5 V DC y proporciona una señal analógica relacionada con la presión aplicada. La revisión permitió comprobar

las conexiones correspondientes a alimentación, tierra y salida de señal, así como su relación con la tarjeta electrónica de control.

Durante las pruebas de funcionamiento se registraron diferentes valores en la pantalla del autoclave. En la condición inicial, con el equipo en reposo, se observó una temperatura de 32 °C y una presión de 5 PSI, con un tiempo programado de 15 minutos. Posteriormente, durante la prueba de calentamiento, el equipo alcanzó una temperatura de 99 °C y registró una presión de 6 PSI, con un tiempo de ciclo de 20 minutos.

Tabla 6

Valores registrados durante las pruebas de funcionamiento del Automat 3000

Condición de prueba	Temperatura	Presión	Tiempo programado	Estado del equipo
Inicialización / reposo	32 °C	5 PSI	15 min	Puerta abierta
Prueba de calentamiento	99 °C	6 PSI	20 min	Puerta cerrada

Fuente: Elaboración propia con base en los registros obtenidos durante la práctica profesional.

Los valores registrados permitieron comprobar que el sistema electrónico realizaba la lectura de las variables principales en el panel de control. La variación observada entre la condición inicial y la prueba de calentamiento evidenció el aumento de temperatura y presión dentro de la cámara durante el funcionamiento del equipo.

En cuanto a la condición física, la restauración del chasis permitió recuperar las superficies externas que presentaban deterioro. La preparación de las superficies, aplicación de imprimante y pintura de acabado mejoraron la apariencia del equipo y proporcionaron nuevamente una capa de protección sobre las partes metálicas intervenidas.

En conjunto, las actividades realizadas permitieron dejar el Automat 3000 en mejores condiciones de funcionamiento y presentación. La reparación de la interfaz, la revisión del sistema de medición y la recuperación física del chasis fueron complementadas con pruebas de funcionamiento, dejando registrados los valores obtenidos como evidencia del comportamiento del equipo durante la intervención.

5.2. Resultados de las pruebas realizadas en equipos de Rayos X

Los siguientes resultados evidencian el cumplimiento del Objetivo Específico 2, mediante la verificación metrológica de los parámetros de radiación (kVp, dosis, tiempo) en el equipo de Rayos X Siemens Polymobil Plus con el analizador RaySafe X2, así como el correcto funcionamiento del sistema de colimación.

Las actividades de mantenimiento y verificación realizadas en los equipos de Rayos X permitieron obtener registros de los principales parámetros de emisión mediante el analizador RaySafe X2. Las mediciones se realizaron comparando los valores seleccionados en la consola del equipo con los valores registrados durante la exposición.

Para la prueba registrada se seleccionaron 81 kV y 2,5 mAs. El analizador obtuvo una tensión de 79,0 kVp, un tiempo de exposición de 41,9 ms, una tasa de dosis de 3,69 mGy/s y una capa hemirreductora de 4,0 mm Al. La dosis registrada durante la medición fue de 817,3 µGy.

Tabla 7

Resultados obtenidos con el analizador RaySafe X2

Parámetro	Valor registrado
kV seleccionado	81 kV
kVp medido	79,0 kVp
mAs seleccionado	2,5 mAs
Tiempo de exposición	41,9 ms
Tasa de dosis	3,69 mGy/s
Dosis registrada	817,3 µGy
Capa hemirreductora (HVL)	4,0 mm Al
Número de pulsos	1

Fuente: Elaboración propia con base en los registros obtenidos durante la práctica profesional.

La diferencia entre la tensión seleccionada y la tensión medida fue de 2,0 kV. Los datos obtenidos permiten dejar un registro de referencia sobre el comportamiento del equipo durante la prueba y sirven como base para el seguimiento de sus condiciones de funcionamiento.

En la revisión del colimador también se verificó la correspondencia del campo luminoso con el área de exposición. Los resultados obtenidos fueron registrados junto con las demás mediciones para apoyar las actividades de mantenimiento y control de calidad realizadas durante la práctica.

5.3. Resultados de la organización de bodega e inventario

Con el desarrollo de estas actividades se demuestra el cumplimiento del Objetivo Específico 3, reestructurando el área de almacenamiento de repuestos e insumos mediante la metodología 5S, etiquetado visual y la consolidación del inventario digital en Microsoft Excel.

La organización realizada en la bodega permitió mejorar la distribución de los repuestos y componentes utilizados en las actividades de mantenimiento. Los elementos fueron separados por categorías, ubicados en espacios definidos e identificados mediante etiquetas, facilitando su reconocimiento y búsqueda.

También se elaboró un registro digital en Microsoft Excel con información básica de los elementos disponibles y su ubicación. Este registro quedó como herramienta de apoyo para consultar los repuestos existentes y mantener actualizado el inventario.

Tabla 8

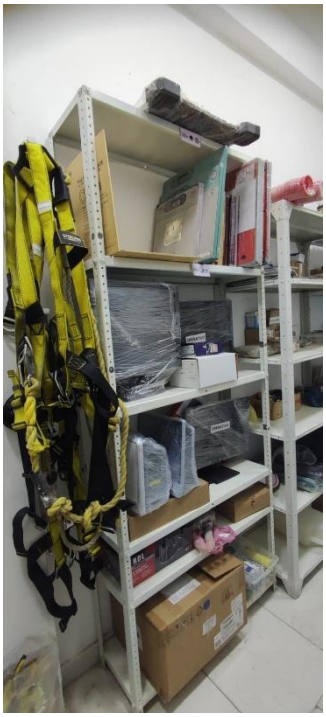
Resultados obtenidos en la organización de la bodega

Aspecto evaluado	Condición obtenida
Clasificación	Repuestos agrupados por tipo y uso
Organización	Elementos ubicados en espacios definidos
Identificación	Uso de etiquetas y descripciones
Registro	Inventario digital en Microsoft Excel
Localización	Mayor facilidad para encontrar los componentes
Seguimiento	Posibilidad de actualizar entradas y salidas

Fuente: Elaboración propia con base en las actividades realizadas durante la práctica profesional.

Como resultado general, la organización permitió disponer de un área de almacenamiento más ordenada y facilitar la localización de los componentes requeridos para las intervenciones técnicas. El registro digital complementó la organización física y dejó una base para continuar realizando el control de los repuestos disponibles.

Figura 32. Estado final del área de almacenamiento después de la organización de los repuestos.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

5.4. Resultados del diseño y desarrollo de la tarjeta temporizadora universal

El diseño y desarrollo de la tarjeta temporizadora universal permitió aplicar los conocimientos de electrónica adquiridos durante la formación y comprobar el funcionamiento de un circuito de temporización destinado al control de una carga. El proceso se inició con la simulación del circuito en Proteus, donde se verificó el comportamiento esperado antes de realizar el montaje físico.

Posteriormente, se realizó el montaje inicial del circuito en protoboard con el propósito de comprobar las conexiones y el funcionamiento de los componentes.

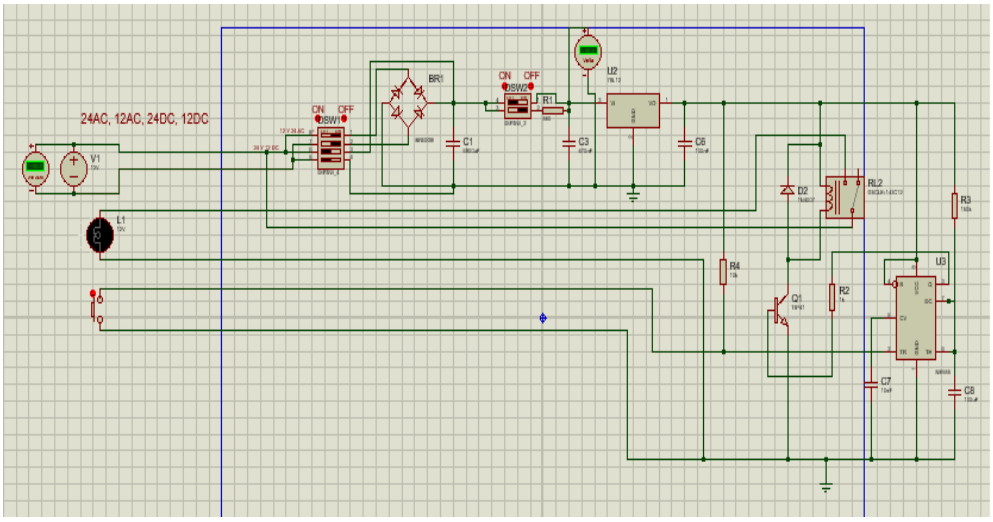
Esta etapa permitió realizar los ajustes necesarios antes de elaborar la tarjeta definitiva.

Una vez validado el funcionamiento del circuito, se realizó el ensamble de la tarjeta temporizadora universal. La tarjeta quedó integrada con los componentes electrónicos necesarios para realizar la función de temporización y permitir su utilización en diferentes aplicaciones de control.

Finalmente, se realizó una prueba de funcionamiento utilizando una carga de prueba. Durante esta prueba se obtuvo un tiempo de temporización de aproximadamente 16,7 segundos, permitiendo comprobar que el circuito cumplía con la función para la cual fue diseñado.

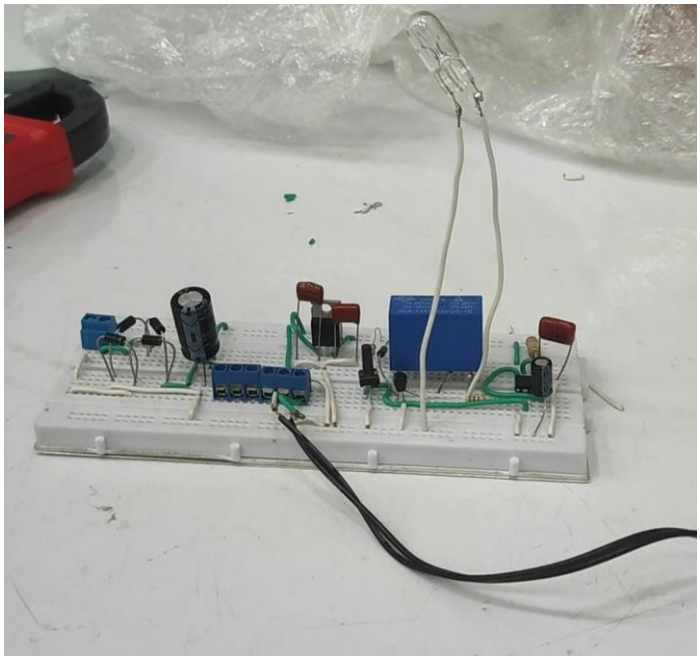
La actividad permitió obtener una tarjeta funcional y comprobar en la práctica el proceso de diseño, montaje, ensamble y prueba de una solución electrónica aplicada. Además, esta experiencia aportó conocimientos relacionados con el diagnóstico de circuitos, la identificación de componentes, el montaje electrónico y la comprobación de resultados.

Figura 33. Diagrama esquemático del circuito de la tarjeta temporizadora universal realizado en Proteus.



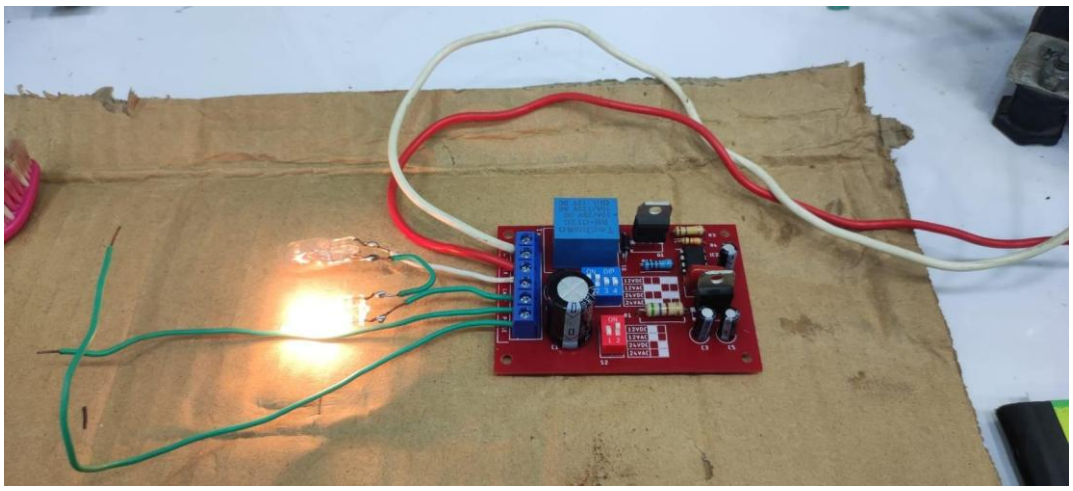
Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Montaje inicial del circuito temporizador en protoboard para su comprobación.



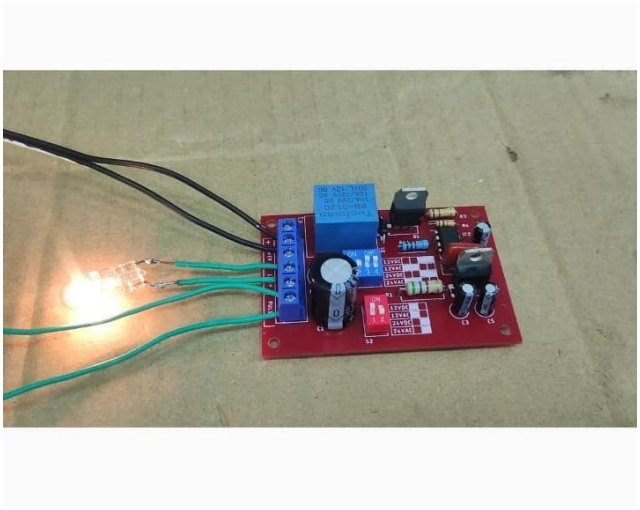
Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Figura 35. Tarjeta temporizadora universal ensamblada y finalizada.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Figura 36. Prueba de funcionamiento de la tarjeta temporizadora universal con una temporización de 16,7 segundos.



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

5.5. Resultado general de la práctica profesional

El desarrollo de la práctica profesional permitió obtener resultados en las principales actividades planteadas. En los autoclaves se logró intervenir componentes relacionados con el sistema de control, recuperar el funcionamiento del teclado de membrana y realizar pruebas de las variables mostradas por el equipo. También se realizó la recuperación física del chasis del Automat 3000.

En los equipos de Rayos X se obtuvieron registros de las mediciones realizadas con el analizador RaySafe X2 y se efectuaron revisiones del sistema de colimación. Estas actividades permitieron recopilar información sobre el comportamiento del equipo durante las pruebas realizadas.

En la bodega se logró establecer una organización por categorías, identificar los espacios de almacenamiento y elaborar un registro digital de los repuestos disponibles. Esto facilitó la consulta y localización de los componentes utilizados en las actividades de mantenimiento.

Tabla 9

Resumen de los principales resultados obtenidos

Actividad	Resultado principal
Mantenimiento de autoclaves	Recuperación de componentes y comprobación de funcionamiento
Pruebas en Rayos X	Obtención y registro de parámetros mediante RaySafe X2
Revisión de colimadores	Verificación del campo luminoso y área de exposición
Organización de bodega	Clasificación e identificación de repuestos
Inventario	Registro digital de componentes disponibles
Restauración física	Recuperación de superficies externas del Automat 3000

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos durante la práctica profesional.

Los resultados obtenidos muestran que las actividades desarrolladas permitieron cumplir con los objetivos planteados para la práctica, integrando labores de mantenimiento, verificación de equipos, diseño electrónico y organización de los recursos utilizados por el área técnica.

6 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El desarrollo de la práctica profesional en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S estuvo orientado principalmente a actividades de mantenimiento, diagnóstico, verificación y recuperación de equipos biomédicos. De acuerdo con las actividades realizadas, no se efectuó manejo directo de seres humanos, animales, muestras biológicas o agentes biológicos, ni se realizaron entrevistas o encuestas como parte del desarrollo de la práctica.

En relación con el manejo de información, los registros utilizados correspondieron principalmente a información técnica de los equipos, fotografías de las actividades realizadas, resultados de mediciones y registros internos relacionados con repuestos e inventario. La información propia de la empresa fue utilizada únicamente para el desarrollo de las actividades de la práctica y para la elaboración del presente informe, evitando incluir datos personales o información que pudiera comprometer la privacidad de trabajadores, clientes o instituciones.

Las actividades realizadas sí estuvieron relacionadas con equipos cuyo funcionamiento puede tener incidencia sobre la seguridad de las personas, especialmente en el caso de los autoclaves y los equipos de Rayos X. Por esta

razón, las intervenciones se desarrollaron bajo supervisión del personal técnico de la empresa y siguiendo los procedimientos establecidos para la revisión y mantenimiento de los equipos. Las pruebas en equipos de Rayos X se realizaron utilizando los instrumentos disponibles para la verificación de sus parámetros de funcionamiento, procurando reducir la exposición innecesaria a la radiación.

De acuerdo con lo anterior, durante la práctica se tuvieron en cuenta los principios de beneficencia y no maleficencia, buscando que las actividades realizadas contribuyeran al adecuado funcionamiento de los equipos y evitando intervenciones que pudieran generar condiciones de riesgo. Asimismo, se respetaron las indicaciones del personal responsable de los equipos y los procedimientos establecidos por la empresa para la ejecución de las actividades técnicas.

El principio de justicia se tuvo en cuenta mediante la aplicación de los mismos criterios de cuidado y responsabilidad en las actividades realizadas sobre los diferentes equipos intervenidos. La autonomía se relacionó con el respeto por los procedimientos establecidos por la empresa y por las indicaciones del personal encargado de supervisar las actividades de mantenimiento.

En consecuencia, no se identificó durante el desarrollo de la práctica la necesidad de realizar procedimientos adicionales relacionados con participantes humanos, muestras biológicas o investigación experimental con seres vivos. Las actividades desarrolladas correspondieron a una práctica técnica y profesional sobre tecnología biomédica, por lo que las consideraciones éticas estuvieron principalmente relacionadas con la seguridad, el manejo responsable de la información y la correcta ejecución de las actividades de mantenimiento y verificación.

7 CONCLUSIONES

El desarrollo de la práctica profesional en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S. permitió aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación en ingeniería biomédica en actividades relacionadas con el mantenimiento, revisión y recuperación de equipos utilizados en el sector salud.

En relación con el mantenimiento de los autoclaves, se logró identificar y atender condiciones asociadas principalmente al teclado de membrana, el sensor de presión y las conexiones del sistema de control del Automat 3000. La reparación de las pistas conductoras del teclado y las pruebas posteriores permitieron recuperar la respuesta de la interfaz de operación. Además, se realizó la restauración física del chasis y se comprobaron las variables mostradas durante las pruebas de funcionamiento.

Las actividades realizadas en los equipos de Rayos X permitieron obtener mediciones mediante el analizador RaySafe X2 y revisar el sistema de colimación. Los registros obtenidos proporcionaron información sobre la tensión, tiempo de exposición, tasa de dosis y capa hemirreductora durante la prueba realizada, sirviendo como referencia para el seguimiento de las condiciones de funcionamiento del equipo.

La organización de la bodega permitió mejorar la distribución de los repuestos y componentes utilizados en las actividades de mantenimiento. La clasificación por categorías, la identificación de los espacios y la elaboración del registro digital facilitaron la consulta y localización de los materiales disponibles.

Finalmente, la práctica permitió reconocer la importancia de integrar el mantenimiento de los equipos con una adecuada gestión de los recursos técnicos. También permitió establecer una base para el análisis de alternativas de automatización de los autoclaves mediante PLC, considerando que esta parte del trabajo corresponde a un estudio de viabilidad y no a la fabricación o programación de un PLC propio durante la práctica.

8 RECOMENDACIONES

A partir de las actividades desarrolladas durante la práctica profesional en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S, se plantean las siguientes recomendaciones con el propósito de mantener las mejoras realizadas y facilitar futuros trabajos relacionados con el mantenimiento y automatización de equipos biomédicos.

- Mantener un programa de mantenimiento preventivo para los autoclaves, realizando revisiones periódicas de los sensores, electroválvulas, resistencias, conexiones eléctricas, teclado de membrana y demás elementos que intervienen en el funcionamiento del equipo. Esto permitiría detectar oportunamente condiciones que puedan generar fallas durante los ciclos de esterilización.

- Llevar un registro organizado de las intervenciones realizadas a cada equipo, indicando la fecha, falla encontrada, actividades ejecutadas, componentes revisados o reemplazados y resultados de las pruebas posteriores. Esta información puede facilitar el seguimiento de los equipos y servir como referencia para futuras intervenciones.

- Realizar periódicamente la comprobación de las variables principales de los autoclaves, especialmente temperatura, presión y tiempo, utilizando instrumentos de medición adecuados y siguiendo las recomendaciones establecidas por el fabricante y la normativa aplicable.

- Conservar la organización implementada en la bodega mediante la metodología 5S, manteniendo identificados los repuestos, tarjetas electrónicas, componentes eléctricos y demás elementos utilizados en las actividades de mantenimiento. Se recomienda actualizar de manera periódica el registro de inventario para evitar diferencias entre los elementos disponibles físicamente y la información registrada.

- Continuar con la revisión y el control de calidad de los equipos de Rayos X mediante instrumentos adecuados para la medición de parámetros como kVp, tiempo de exposición, dosis y capa hemirreductora, de acuerdo con los procedimientos y requisitos aplicables.

- Para futuros proyectos de automatización de autoclaves, se recomienda profundizar en el análisis de viabilidad de un controlador propio. Antes de iniciar su fabricación se deberían definir los requerimientos de entradas y

salidas, condiciones de operación, sistema de seguridad, costos de desarrollo, mantenimiento, disponibilidad de repuestos y compatibilidad con los diferentes modelos de autoclaves atendidos por la empresa.

- Como continuación del estudio realizado, podría desarrollarse en una etapa posterior un prototipo de sistema de control para autoclaves, siempre que previamente se compruebe su viabilidad técnica y económica y se establezcan las pruebas necesarias para garantizar un funcionamiento seguro y confiable.

- Mantener las condiciones físicas de los equipos restaurados mediante limpieza y revisión periódica de las superficies metálicas, especialmente en lugares donde exista exposición frecuente a humedad. Esto puede ayudar a conservar los recubrimientos aplicados y disminuir el deterioro de las estructuras externas.

En general, se recomienda que las mejoras realizadas durante la práctica sean incorporadas a las actividades habituales del taller, de manera que los conocimientos y procedimientos desarrollados puedan seguir siendo aprovechados por el personal técnico de la empresa. De igual forma, los resultados obtenidos pueden servir como punto de partida para futuros trabajos relacionados con la automatización, mantenimiento y recuperación de tecnología biomédica.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Block, S. S. (Ed.). (2001). Disinfection, sterilization, and preservation (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Bolton, W. (2015). Programmable logic controllers (6th ed.). Newnes.

Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2014). Electronic devices and circuit theory (11th ed.). Pearson.

Bronzino, J. D. (Ed.). (2014). The biomedical engineering handbook (4th ed.). CRC Press.

Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., Jr., & Boone, J. M. (2012). The essential physics of medical imaging (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Thermodynamics: An engineering approach (8th ed.). McGraw-Hill Education.

Creus, A. (2011). Instrumentación industrial (8.ª ed.). Marcombo.

Dyro, J. F. (Ed.). (2004). Clinical engineering handbook. Academic Press.

Freescale Semiconductor. (2014). MPX5700/MPXV5004G series: Integrated silicon pressure sensor on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated. Freescale Semiconductor.

Groover, M. P. (2019). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (5th ed.). Pearson.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). Operations management: Sustainability and supply chain management (12th ed.). Pearson.

Hirano, H. (2009). JIT implementation manual: The complete guide to just-in-time production (Vol. 2). Productivity Press.

International Atomic Energy Agency. (2014). Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards. IAEA.

International Electrotechnical Commission. (2014). IEC 60601-2-54: Medical electrical equipment—Part 2-54: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for radiography and radioscopy. IEC.

Khandpur, R. S. (2014). Compendium of biomedical instrumentation (Vols. 1–3). Wiley.

Mandado, E., Marcos, J., Fernández, S., & Armesto, J. I. (2005). Autómatas programables y sistemas de automatización. Marcombo.

Ministerio de la Protección Social. (2005). Decreto 4725 de 2005, por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2018). Resolución 482 de 2018, por la cual se reglamenta el uso de equipos generadores de radiación ionizante, su control de calidad y se dictan otras disposiciones.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2019). Resolución 3100 de 2019, por la cual se definen los procedimientos y condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud.

National Institute of Standards and Technology. (s. f.). NIST/SEMATECH e-Handbook of statistical methods. https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/

Organización Mundial de la Salud. (2012). Medical equipment maintenance programme overview. World Health Organization.

Organización Panamericana de la Salud. (2008). Manual de esterilización para centros de salud. Organización Panamericana de la Salud.

Organización Panamericana de la Salud. (2020). La gestión de tecnologías sanitarias en los sistemas de salud. Organización Panamericana de la Salud.

Ochoa, J., & Rodríguez, M. (2021). Mantenimiento de equipos biomédicos y gestión de tecnología en instituciones de salud. Editorial Médica.

Pallas-Areny, R., & Webster, J. G. (2012). Sensors and signal conditioning (2nd ed.). Wiley.

Park, C. S. (2011). Contemporary engineering economics (5th ed.). Pearson.

Rashid, M. H. (2014). Power electronics: Devices, circuits, and applications (4th ed.). Pearson.

Schweitzer, P. A. (2006). Corrosion engineering handbook. CRC Press.

Siemens AG. (2010). Polymobil Plus: Service and technical documentation. Siemens AG.

Texas Instruments. (2013). LM78xx series positive-voltage regulators. Texas Instruments.

Texas Instruments. (2015). LM555 timer. Texas Instruments.

Unfors RaySafe. (2016). RaySafe X2: User manual. Unfors RaySafe.

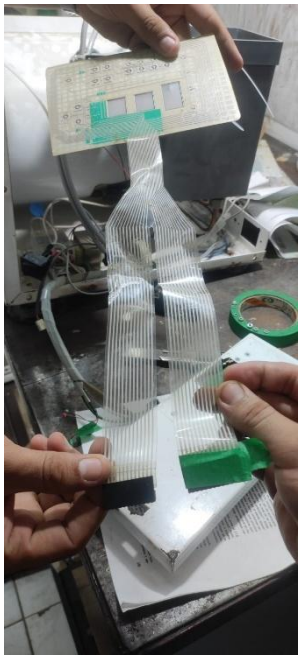
Webster, J. G. (Ed.). (2010). Medical instrumentation: Application and design (4th ed.). Wiley.

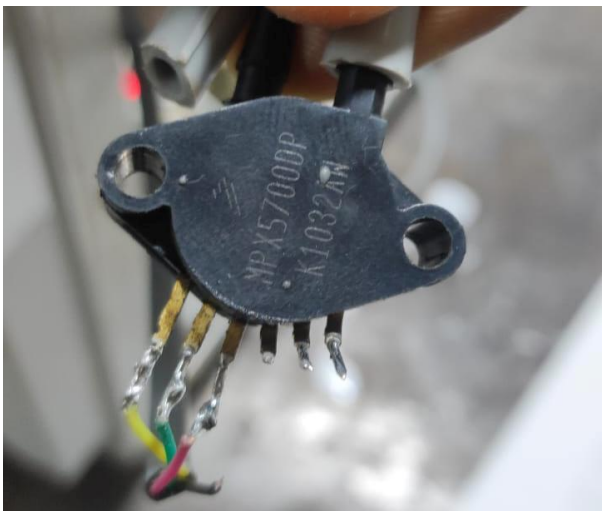
10 APENDICES

En este apartado se presentan los documentos, registros y evidencias que complementan las actividades desarrolladas durante la práctica profesional en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S Los apéndices permiten respaldar las actividades de diagnóstico, mantenimiento, verificación y organización realizadas durante el desarrollo del trabajo.

Los documentos incluidos corresponden principalmente a registros fotográficos de los equipos intervenidos, evidencias de las reparaciones realizadas, mediciones obtenidas durante las pruebas de funcionamiento, documentación técnica utilizada como apoyo y registros relacionados con la organización de repuestos e inventario de bodega.

Apéndice A. Registro fotográfico del mantenimiento del autoclave Automat 3000





Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Apéndice B. Evidencias de la restauración del chasis del Automat 3000



Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

Apéndice C. Registros de las pruebas de funcionamiento del Automat 3000



Fuente: Archivo fotográfico y registros de la práctica profesional.

Apéndice D. Registro de mantenimiento y verificación de equipos de Rayos X





Fuente: Archivo fotográfico de la práctica profesional.

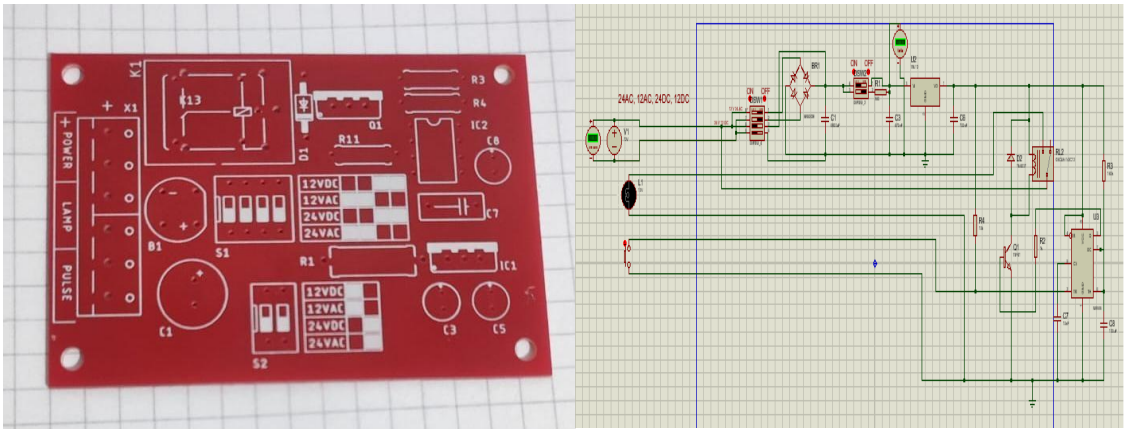
Apéndice E. Registros de medición con analizador RaySafe X2





Fuente: Registros fotográficos de las mediciones realizadas durante la práctica profesional.

Apéndice F. Diseño y simulación de la tarjeta temporizadora



Fuente: Elaboración propia y registros de la práctica profesional.

Apéndice G. Organización de bodega e inventario





Fuente: Archivo fotográfico y registros de la práctica profesional.

Apéndice H. Documentación técnica consultada

	A	B	C	D	E	F	G	H
1				INVENTARIO DE EQUIPOS GUARDADOS PARA VENTA ALQUILER				
2	**Empresa**: Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.							
3	**Área/Bodega**: Oficina central							
4	**Responsable**: John herrera							
5	**Fecha de inventario**: 25/05/2026							
6								
7	**Columna1**	**Columna2**	**Columna3**	**Columna4**	**Columna5**	**Columna6**	**Columna7**	**Columna8**
8	Ítem	Nombre del equipo	Marca	Modelo	serial	Estado (Bueno/Regular/Malo	Valor estimado	Observaciones
9	1	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A52161834C	Bueno		35.4 * 43.0
10	2	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A56927627C	Bueno		35.4 * 43.0
11	3	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A51678937C	Bueno		35.4 * 35.4
12	4	Digitalizador	FUJIFILM	CR-IR 392	36963479	Bueno		
13	5	Casete rayos x	CARESTREAM	CARESTREAM CR	9,71554E+14	Bueno		
14	6	Digitalizador	CARESTREAM	Directview vita	K5241 - 9853	Bueno		
15	7	Desfibrillator monitor	COMEN	S1	1SBE0000734	Bueno		425mm* 500mm
16	8	Transductor lineal	LOGIQ E	No	No	Bueno		
17	9	Ecografo	LOGIQ E	Movile car	110V1418368	Bueno		

HERRAMIENTAS	MARCA	MODELO	SERIE	ESTADO	POSICION	ACCESORIOS	FOTO	EN PRESTA
Juego de dados	Sata	3510	NA	Incompleto	Stand 1, Bloque 2	Hace falta dado numero 16		
Taladro percutor + llave de impacto	Bosch	GSB180LI	3165140959254	Bueno	Stand 1, Bloque 2	si		
Pulidora inalambrica	Einhell	21043	627FKY4	Bueno	Stand 1, Bloque 2	Si, empuñadura,bateria,disco, cargador, llave		
Taladro inalambrico	Einhell	TE-CD 18LI-IBL	64K0MQP	Bueno	Stand 1, Bloque 2	2 Baterias, cargador y empuñadura		
Taladro inalambrico	Dewalt	DCD7781	207858	Bueno	Stand 1, Bloque 2	Si, dos baterias y un cargador		

Fuente: Documentación técnica disponible en Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.S

11 ANEXOS

Anexo A. Ficha técnica autoclave automat 3000

FICHA TÉCNICA
AUTOCLAVE AUTOMAT 3000

Autoclave automática con cuatro programas para esterilización, utilizando como agente esterilizador vapor de agua saturado. Cuenta con Registro Sanitario **INVIMA No. 2018DM-0018563**

CARACTERÍSTICAS

- Cuenta con un control por microcontrolador de temperatura y presión.
- Panel de control de membrana.
- Tanque de reserva de agua.
- Cuatro programas de esterilización:
- Instrumental empacado.
- Instrumental libre sin empaque.
- Ropa, telas y gasas.
- Líquidos, medios de cultivo o envases de laboratorio.
- Válvula de seguridad de sobre presión.
- Alarma de sobre calentamiento.
- Alarma que indica si hubo un error durante el proceso.
- Tiempo de esterilización de secado programable y automático.
- Cámara de acero inoxidable 304 (opcional 316).
- 2 Bandejas de acero inoxidable 304 (opcional 316)
- **Opcional con el equipo:** Impresora térmica de papel continuo, donde se registra la temperatura del ciclo, duración, fecha y hora en que se realiza el proceso.



INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

- Previa a la instalación del equipo se debe garantizar una conexión eléctrica estable con su respectivo polo a tierra y con breaker de protección con la capacidad suficiente para la potencia del equipo.
- Se recomienda que la autoclave cuente con suministro de agua destilada para su correcto funcionamiento.

Garantía absoluta por un año por defectos de fabricación.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Modelo	Automat 3000
Capacidad	12 litros
Corriente de entrada	8 Amp
Voltaje de la línea	110V
Frecuencia de la línea	50-60 Hz
Consumo de potencia	800 Vatios
Breaker del circuito	20 Amp
Temperatura operación	121°C-123°C
Presión de trabajo	18-20 PSI a 20-22 PSI
Presión máxima	30 PSI
Medidas externas	Ancho 44,5 cm Alto: 32,5 cm Largo: 48,0 cm
Medidas internas	Diámetro: 22,0 cm
Medidas de bandejas	Longitud: 31,0 cm Ancho: 18,0 cm Alto: 3,0 cm Largo: 29,0 cm
Peso	33,4 kg

Fuente: Fabricante Dentomat S.A.S.

Anexo B. Manual del autoclave automat 3000

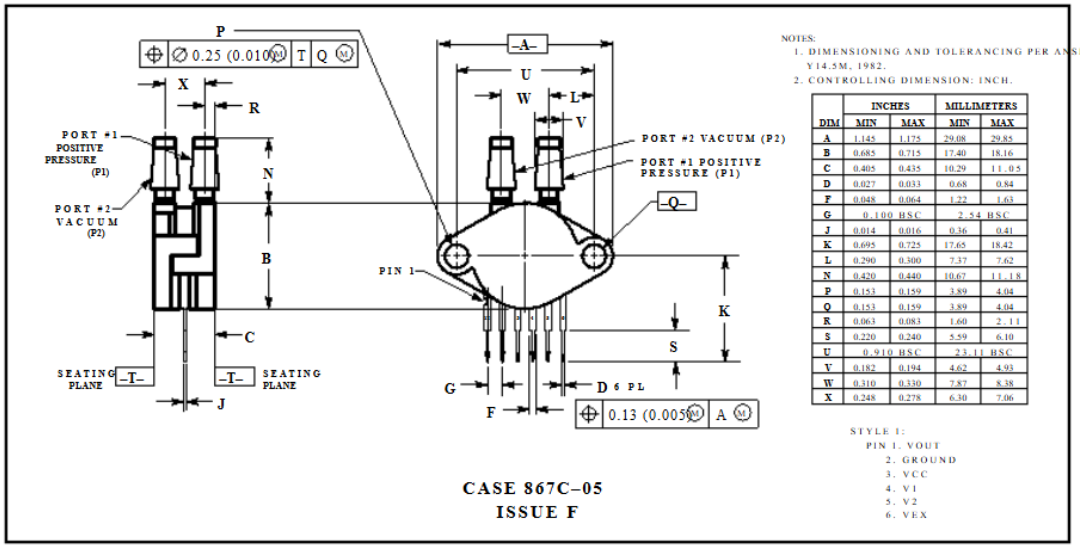
m-21-manual-de-usuario-autoclave-automat-3000 (1).pdf

Fuente: Fabricante Dentomat S.A.S.

Anexo C. El plano muestra las dimensiones físicas del encapsulado del sensor de presión diferencial de la serie MPX5700

MPX5700 SERIES

PACKAGE DIMENSIONS–CONTINUED



DIM	INCHES MIN	INCHES MAX	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX
A	1.145	1.175	29.08	29.85
B	0.685	0.715	17.40	18.16
C	0.405	0.435	10.29	11.05
D	0.027	0.033	0.68	0.84
F	0.048	0.064	1.22	1.63
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.014	0.016	0.36	0.41
K	0.695	0.725	17.65	18.42
L	0.290	0.300	7.37	7.62
N	0.420	0.440	10.67	11.18
P	0.153	0.159	3.89	4.04
Q	0.153	0.159	3.89	4.04
R	0.063	0.083	1.60	2.11
S	0.220	0.240	5.59	6.10
U	0.910 BSC		23.11 BSC	
V	0.182	0.194	4.62	4.93
W	0.310	0.330	7.87	8.38
X	0.248	0.278	6.30	7.06

Fuente: Motorola. (1997).Motorola. (2001). MPX5700: Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned. Motorola Semiconductor Data Sheet.

Anexo D. Data Sheet, Motorola

MPX5700.PDF

Fuente:https://www.alldatasheet.es/datasheetpdf/download/5187/MOTOROLA/MPX5700DP.html

Anexo E. Guía de solución de problemas polymobil plus



Siemens_Polymobil_3_-_Trouble_Shooting_guide (1).pdf

Fuente: Fabricante SIEMENS

Anexo F. Ficha técnica polymobil plus

System specification	
Power output	Standard: 16 kW, max. 250 mA Optional: 20 kW, max. 300 mA
Footprint (l x w x h)	131 cm x 63 cm x 133 cm
Max. focal spot height	190 cm
Max. horizontal tube extension	110 cm
System weight (w/o optional accessories)	Approx. 171 kg

Fuente: https://www.siemens-healthineers.com/latam/radiography/mobile-x-ray/polymobil

Anexo G. Ficha técnica tarjeta temporizadora universal.

Parámetros	Valor / Rango	Notas / Condiciones
Voltajes de entrada soportados	12v AC / 12 DC / 24 AC /24 DC	Configurable mediante interruptor DIP
Frecuencia de operación (AC)	12HZ	N/A para alimentación DC
Tecnología de control	Base NE555	Alta inmunidad al ruido eléctrico
Tipo de salida	Contactos secos de relé	COM, NA, NC
Capacidad de la carga del relé	10A A 12VDC	N/A
Protecciones integradas	Diodo en bobina (D2)	Protección contra picos inductivos
Indicadores visuales	Halógeno	Emisor de luz

Fuente: Elaboración propia

Anexo H. Inventario de equipos biomédicos para venta o alquiler.

INVENTARIO DE EQUIPOS GUARDADOS PARA VENTA ALQUILER

Empresa: Soluciones Biomédicas del Caribe S.A.

Área/Bodega: Oficina central

Responsable: John herrera

Fecha de inventario: 25/05/2026

Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8
ítem	Nombre del equipo	Marca	Modelo	serial	Estado (Bueno/Regular/Malo)	Valor estimado	Observaciones
1	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A52161834C	Bueno		35,4 * 43,0
2	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A56927627C	Bueno		35,4 * 43,0
3	Casete rayos X	FUJIFILM	FCR	A51678937C	Bueno		35.4 * 35.4
4	Digitalizador	FUJIFILM	CR-IR 392	36963479	Bueno		
5	Casete rayos x	CARESTREAM	CARESTREAM CR	9,71554E+14	Bueno		
6	Digitalizador	CARESTREAM	Directview vita	K5241 - 9853	Bueno		
7	Desfibrillator monitor	COMEN	S1	1SBE0000734	Bueno		425mm* 500mm
8	Transductor lineal	LOGIQ E	No	No	Bueno		
9	Ecografo	LOGIQ E	Movile car	110V1418368	Bueno		

Fuente: Elaboración propia

Anexo H. Inventario de equipos de herramientas.

HERRAMIENTAS	MARCA	MODELO	SERIE	ESTADO	POSICION	ACCESORIOS	FOTO	EN PRESTAMO
Hidro lavadora inalambrica	Ubermann	HYPRESSO	6CC8NA6	Bueno	Stand 1, Bloque 4	1 bateria, un cargador, manguera y puntas		
Roto martillo	Einhell	TE-RH 32 4F	62QA21P	Bueno	Stand 1, Bloque 4	si		
Martillo demoledor	Einhell	TE-DH-1027	6E6J8X5	Bueno	Stand 1, Bloque 4	Si		
Corta baldoza 3 en 1	Masso	600mm	No	Bueno	Stand 1, Bloque 4	No		
Porra grande	Generica	8lbs	No	Bueno	Stand 1, Bloque 4	No		
Barreta	Genrica	NO	No	Bueno	Stand 1, Bloque 4	No		

Fuente: Elaboración propia

Instructivo General[1]

Apreciado Estudiante: Lea cuidadosamente este instructivo general y elimínelo una vez termine de elaborar el informe final.

Estilo:	APA, última edición, como se describe a continuación
Tamaño del papel:	Carta (letter) / papel 21.59 cm x 27.94 cm (8 1/2" x 11").
Márgenes:	2.54 en cada borde. El formato ya está configurado con estos márgenes. Por favor no los modifique.
Sangría:	Cinco (5) o 0,5cm desde la pestaña diseño de Word, solo al inicio de cada párrafo y al inicio de las notas al pie de página. Importante que en todas las páginas quede igual la sangría, para ello se sugiere usar tabulador. No lleva sangría: • El texto correspondiente al resumen, • El texto del Abstract • Las citas en bloque • Los títulos y encabezados • Los títulos y notas de tablas • Los pies de figuras o gráficas, ilustraciones, mapas
Fuente:	Arial, tamaño: 12, en todo el documento, desde la portada hasta las referencias bibliográficas y los anexos.
Numeración de páginas (Paginación):	La paginación se inicia desde la portada, en forma consecutiva hasta el final. Se incluye en la esquina superior derecha de la hoja. La plantilla ya está numerada, no la modifique.
Texto:	Justificado (APA sugiere alineado a la izquierda, pero se adopta justificado).
Interlineado:	1.5 en párrafos (APA sugiere 2.0, pero se adopta 1.5).

[1] Información tomada del Manual APA última Edición. Para complementar información se recomienda consultar en la página de la organización http://www.apastyle.org/

Listas especiales:

Tablas: La American Psychological Association (p. 130), sugiere cuando sea conveniente diseñar tablas para incluir en el documento, es importante definir y estructurar los datos que los interesados en el tema, requerirán para comprender la explicación. Nombre y autor en Arial 10

Figuras: "se pueden utilizar muchos tipos de figuras" (Manual de la APA, 2010, p. 153). Los más comunes son: gráficas, diagramas, Mapas. Dibujos y fotografías. Se incluyen, cada figura, en una página separada, al final del documento, después de las tablas o después de las referencias (https://apastyle.apa.org/manual/new-7th-edition)). Nombre y autor en Arial 10

Las tablas, imágenes y figuras: Todas elaboradas, bajo APA

Apéndice:

Los apéndices son una sección opcional del trabajo en donde se incluye información o documentación que permite complementar y que no se puede incorporar en el cuerpo del trabajo. Esta sección se ubica al final de todo el manuscrito antes de los anexos.

Anexos:

Los anexos serán usados para presentar información que los autores y el director consideren importante, como el caso de: manuales de usuario, hojas de datos, guías de laboratorio, demostraciones matemáticas, diseños esquemáticos, cartografía, entre otros.
Esta sección se ubica al final de todo el manuscrito y es allí donde se pueden incorporar materiales de estímulo, tablas y/o figuras. (Manual APA última edición. Disponible en http://www.apastyle.org/ y https://normasapa.net/tablas-figuras-y-apendices/

Textos escritos en gris:	Se sobre escribe en color negro sobre éste la información solicitada, cuando se refirieren al título o datos de la portada o contraportada, Si se trata de una instrucción se elimina y se escribe el contenido que corresponda.
Texto escrito en negro (En la plantilla):	No se modifica. Se dejan como están.
Páginas de Dedicatoria y Agradecimientos:	Son opcionales.
Hoja de Aceptación:	Se debe diligenciar completamente por los jurados (evaluadores, directores).
Recomendación:	Por favor no modificar el formato de la plantilla y aplicar correctamente la norma APA.

Referencias

American Psychological Association. *APA Style*. Recuperado de http://www.apastyle.org/.

American Psychological Association (2010). *Manual de Publicaciones* (3a. ed.). México:

Nota: No olvide eliminar este instructivo y entregar solo el informe en la plantilla inicial de este documento

AYUDAS PARA LA PRESENTACIÓN DEL DOCUMENTO

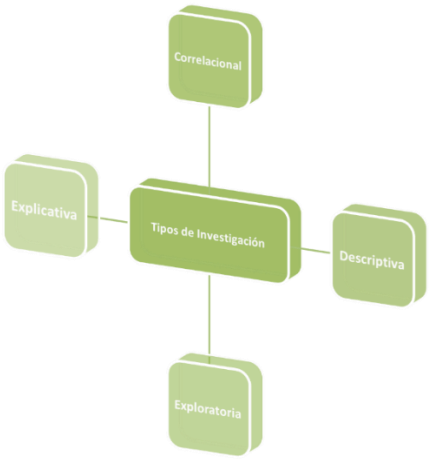
Esta sección del documento es de orientación para la elaboración del documento, **debe eliminarla** cuando genere la versión final. De igual manera, **debe eliminar** todas las instrucciones que contiene esta plantilla, que por lo general las encontrará como texto en color gris.

Recuerde que se debe tener especial cuidado en la redacción del texto del documento, este se debe redactar de manera formal en **tercera persona** y no en primera persona o de manera informal, no se permiten textos como: "nosotros esperamos que", en su lugar se debe usar: “se espera por parte de los autores que…”, igualmente sebe evitar el uso de gerundios, por ejemplo: estudiando el tema, en su lugar: estudiado el tema.

Las tablas, figuras, gráficas, esquemas, entre otros, deben tener nombre y fuente, a continuación, se presenta el ejemplo:

Ejemplo de imagen

Figura 1. Tipos de Investigación



Fuente: Autor

Ejemplo de tabla

Para el texto en el interior de la tabla deberá utilizarse fuente tipo Arial a 10 puntos con interlineado sencillo. Utilice el mismo formato para todas las tablas para dar uniformidad al documento.

Tabla 1.

Descripción de la primera fase del estudio metodológico para construir un software en lenguaje Java

Tipo	Elementos
Actividades	• Actividad 1 • Actividad 2 • Actividad 3 • Actividad 4 • Sitio de trabajo
Recursos	Conexión a internet • Computador • Programas del computador • Navegador Web • Word • Excel
Resultados	Conocimiento y fortalecimiento del paradigma de la programación orientada a objetos, sus características, alcance, técnicas de desarrollo, métodos y funciones entre otros campos vinculados con esta misma.

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseño de software.

AYUDAS PARA LA PRESENTACIÓN DEL DOCUMENTO

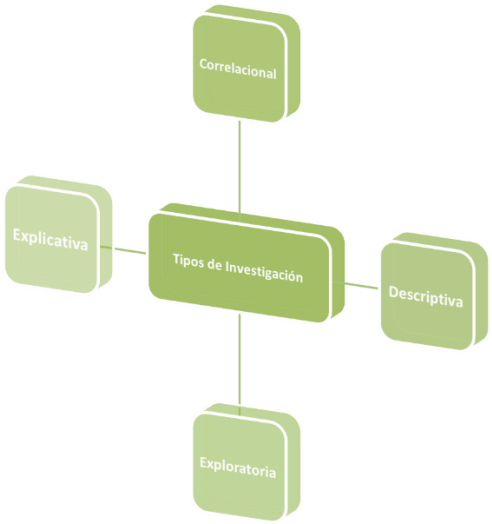
Esta sección del documento es de orientación para la elaboración del documento, **debe eliminarla** cuando genere la versión final. De igual manera, **debe eliminar** todas las instrucciones que contiene esta plantilla, que por lo general las encontrará como texto en color gris.

Recuerde que se debe tener especial cuidado en la redacción del texto del documento, este se debe redactar de manera formal en tercera persona y no en primera persona o de manera informal, no se permiten textos como: "nosotros esperamos que", en su lugar se debe usar: “se espera por parte de los autores que…”, igualmente sebe evitar el uso de gerundios, por ejemplo: estudiando el tema, en su lugar: estudiado el tema.

Las tablas, figuras, gráficas, esquemas, entre otros, deben tener nombre y fuente, a continuación, se presenta el ejemplo:

Ejemplo de imagen

Figura 2. Tipos de Investigación



Fuente: Autor

Ejemplo de tabla

Para el texto en el interior de la tabla deberá utilizarse fuente tipo Arial a 10 puntos con interlineado sencillo. Utilice el mismo formato para todas las tablas para dar uniformidad al documento.

Tabla 2. Descripción de la primera fase del estudio metodológico para construir un software en lenguaje Java.

Tipo	Elementos
Actividades	• Actividad 1 • Actividad 2 • Actividad 3 • Actividad 4 • Sitio de trabajo
Recursos	Conexión a internet • Computador • Programas del computador • Navegador Web • Word • Excel
Resultados	Conocimiento y fortalecimiento del paradigma de la programación orientada a objetos, sus características, alcance, técnicas de desarrollo, métodos y funciones entre otros campos vinculados con esta misma.

Fuente: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseño de software.

Al diligenciar este documento, autorizo de manera previa, expresa e inequívoca a las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER a dar tratamiento de mis datos personales (y/o de los datos del menor de edad o persona en condición de discapacidad cognitiva que represento) aquí consignados, incluyendo el consentimiento explícito para tratar datos sensibles aun conociendo la posibilidad de oponerme a ello, conforme a las finalidades incorporadas en la Política de Tratamiento de Información publicada en www.uts.edu.co y/o en Calle de los estudiantes 9-82 Ciudadela Real de Minas, que declaro conocer y estar informado que en ella se presentan los derechos que me asisten como titular y los canales de atención donde ejercerlos.