



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Desarrollo Profesional en  
Ingeniería Biomédica:  
Mantenimiento, Calibración y  
Comercialización de Equipos**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniera en Sistemas Biomédicos**

**P R E S E N T A**

Ingrid Marlene García Alonzo

**ASESOR DE INFORME**

M.I. Serafín Castañeda Cedeño



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2026**



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y  
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL  
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado DESARROLLO PROFESIONAL EN INGENIERIA BIOMEDICA:MANTENIMIENTO, CALIBRACION Y COMERCIALIZACION DE EQUIPOS que presenté para obtener el título de INGENIERA EN SISTEMAS BIOMÉDICOS es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

---

**INGRID MARLENE GARCIA ALONZO**  
Número de cuenta: 315679382

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), mi más profundo agradecimiento por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesionista en un ambiente de excelencia académica, con acceso a una educación integral, recursos de calidad y el acompañamiento de docentes comprometidos con la enseñanza. Haber transitado por sus aulas no sólo me dio conocimiento, sino también valores y herramientas que marcaron mi desarrollo personal y profesional.

De manera especial, expreso mi gratitud a mi tutor, el maestro Serafín, por su asesoría, paciencia y compromiso en la realización de este reporte, guiándome con claridad y apoyo constante para culminarlo de manera eficiente.

A todos los profesores que dejaron una huella imborrable en mi formación, en particular al profesor Miguel Sánchez, al profesor Ulises Peñaloza y al profesor Didier, quienes con sus enseñanzas y exigencia académica me prepararon para enfrentar con responsabilidad y seguridad los retos del mundo laboral.

A la empresa Quality Medical Service, donde he tenido la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos, crecer en el ámbito profesional y comprender la importancia de la ingeniería biomédica en la vida real. Agradezco profundamente la confianza depositada en mí, así como el aprendizaje y la experiencia obtenida en cada proyecto, que han sido clave para consolidar mi desarrollo profesional.

A mi familia, por ser el pilar más sólido de este camino: a mis padres y abuelitos, cuyo esfuerzo, amor y apoyo incondicional me sostuvieron durante toda la carrera; a mis tíos, en especial a mi tío Ángel, quien me ayudó a no desistir cuando las dificultades parecían mayores; y a mi hermana Odette, que con su comprensión y cariño supo acompañar mis momentos de estrés y cansancio, brindándome siempre un abrazo reconfortante.

A mis amigos Héctor, Wendy y Jacki, por acompañarme en esta trayectoria, enseñarme a ser una mejor estudiante y motivarme a dar lo mejor de mí. A todos aquellos que caminaron conmigo sólo por un tiempo, gracias también por haberme brindado apoyo, aliento y facilidades en los momentos en que más los necesité.

A Jordan, por haber sido un maestro invaluable en el mundo laboral, compartiendo conocimientos y experiencias que fortalecieron mis competencias.

Finalmente, a Max, mi huellitas, que estuvo conmigo en largas noches de desvelo, dándome compañía, fuerza y ternura incondicional en cada momento de este trayecto.

A todos, gracias por formar parte de este logro que hoy culmina con orgullo y gratitud.

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	5
<b>1.1. Objetivo</b> .....	5
<b>1.2. Presentación del reporte</b> .....	5
<b>1.3. Justificación del trabajo</b> .....	6
<b>1.4. Alcance y delimitaciones</b> .....	6
<b>2. Antecedentes</b> .....	7
<b>2.1. Perfil de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos</b> .....	7
<b>2.2. Importancia del mantenimiento y calibración de equipo médico</b> .....	8
<b>2.3. Normatividad aplicable en México (NOMs, estándares internacionales)</b> .....	8
<b>3. Descripción de la empresa</b> .....	10
<b>3.1. Quality Medical Service: historia, misión, visión</b> .....	10
<b>3.2. Áreas de operación y catálogo de productos</b> .....	10
<b>3.3. Perfil del cliente y mercado objetivo</b> .....	11
<b>4. Experiencia profesional desarrollada</b> .....	12
<b>4.1. Mantenimiento preventivo y correctivo de equipo médico</b> .....	12
- 4.1.2. Básculas de la línea SECA .....	16
- 4.1.3. Electrocardiógrafos .....	19
- 4.1.4. Concentradores de oxígeno.....	25
- 4.1.5. Estuches de diagnóstico.....	28
-4.1.6. Mesas de exploración .....	33
-4.1.7. Pruebas de esfuerzo.....	37
<b>4.2. Calibraciones</b> .....	41
- 4.2.1. Básculas .....	41
- 4.2.2. Protocolos y herramientas utilizadas.....	47
<b>4.3. Demostraciones y capacitaciones</b> .....	49
- 4.3.1. Metodología de capacitación a personal de salud .....	49
- 4.3.2. Demos a clientes potenciales .....	51
<b>4.4. Ventas de equipo médico</b> .....	52
- 4.4.2. Seguimiento y postventa.....	52
<b>5. Metodología de trabajo</b> .....	53

5.1. Procedimientos de servicio técnico .....	53
5.2. Protocolos de seguridad y control de calidad .....	54
5.3. Herramientas y software utilizado .....	54
6. Resultados y Logros .....	56
6.1. Impacto en la operatividad hospitalaria .....	56
6.2. Casos relevantes .....	56
7. Conclusiones y recomendaciones.....	57
8. Referencias .....	59
9. Anexos.....	61
<b>Anexo A. Evidencia fotográfica de mantenimiento preventivo y correctivo.</b> .....	61
<b>A.1. Camas eléctricas Hillrom (apartado 4.1.1)</b> .....	61
<b>A.2. Básculas de la línea SECA (apartado 4.1.2)</b> .....	64
<b>A.3. Electrocardiógrafos (apartado 4.1.3)</b> .....	68
<b>A.5. Mesas de exploración (apartado 4.1.5.)</b> .....	73
<b>Anexo B. Evidencia fotográfica de formatos de servicio y calibración.</b> .....	75
<b>Anexo C. Certificados y evidencias de capacitación.</b> .....	84

# **1. Introducción**

## **1.1. Objetivo**

Documentar y analizar las actividades desarrolladas durante mi experiencia profesional el tiempo que estuve como Ingeniera de servicio en la empresa Quality Medical Service, enfocadas en el mantenimiento preventivo y correctivo, capacitación, demostración y comercialización de equipos médicos, destacando la intervención en proyectos de gran escala como el servicio de más de 240 camas eléctricas de hospitalización Hillrom en el Instituto Nacional de Cancerología, así como la atención a diversos dispositivos médicos del catálogo de Quality Medical Service.

## **1.2. Presentación del reporte**

El presente informe tiene como finalidad exponer la experiencia profesional adquirida durante mi actividad profesional, destacando la aplicación de los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la Facultad de Ingeniería de la UNAM en escenarios reales del sector salud.

La Ingeniería en Sistemas Biomédicos surge como respuesta a la creciente demanda de profesionales capaces de integrar los principios de la ingeniería, las ciencias exactas y la biología para resolver problemas vinculados con el cuidado de la salud. En los hospitales, los ingenieros biomédicos desempeñan un papel importante en la instalación, mantenimiento, calibración y gestión de equipos médicos, garantizando que funcionen bajo condiciones seguras y confiables para el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes. Además, actúan como un puente entre el conocimiento técnico de los dispositivos y las necesidades del personal médico y de enfermería, facilitando la capacitación y el uso adecuado de la tecnología.

En mi caso, la formación recibida en áreas como matemáticas, programación, electrónica, anatomía, fisiología e instrumentación ha sido esencial para enfrentar los retos profesionales en mantenimiento, calibración y comercialización de equipos médicos. Esta base académica se ha visto reflejada en proyectos de gran escala, como el servicio a más de 240 camas eléctricas de hospitalización en el Instituto Nacional de Cancerología, así como en la atención a diversos dispositivos del catálogo de Quality Medical Service.

De esta forma, el presente documento no solo describe actividades laborales, sino que demuestra cómo los conocimientos adquiridos en el plan de estudios de Ingeniería en Sistemas Biomédicos se aplican de manera directa en la práctica

profesional, contribuyendo al fortalecimiento del sistema de salud y a la seguridad de los pacientes.

### **1.3. Justificación del trabajo**

La justificación de este informe se fundamenta en la necesidad de mostrar cómo la experiencia profesional en el ámbito biomédico constituye un medio válido para evidenciar la adquisición y aplicación de competencias propias de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos.

El mantenimiento, calibración y correcta operación de los equipos médicos son factores determinantes para la seguridad del paciente y la calidad de los servicios de salud. Un equipo médico fuera de calibración o con deficiencias en su funcionamiento puede comprometer diagnósticos, tratamientos e incluso la vida de los pacientes. En este sentido, el ingeniero biomédico asegura que la tecnología aplicada en hospitales y clínicas opere bajo condiciones óptimas y dentro de estándares normativos nacionales e internacionales.

Asimismo, la titulación por experiencia profesional permite vincular directamente los aprendizajes adquiridos en la universidad con las exigencias del campo laboral, reconociendo la relevancia de la práctica en el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la gestión de recursos y la comunicación efectiva con clientes y usuarios finales.

De esta manera, el trabajo no solo representa un requisito académico, sino también un testimonio del impacto real que puede generar un ingeniero biomédico en el fortalecimiento de la infraestructura hospitalaria y en la calidad de la atención médica.

### **1.4. Alcance y delimitaciones**

El presente informe abarca las actividades desarrolladas en el periodo comprendido entre junio de 2024 y la actualidad, principalmente en la empresa Quality Medical Service, así como en proyectos específicos de gran escala, como la intervención en el Instituto Nacional de Cancerología.

Las actividades incluidas se centran en tres ejes principales:

- **Mantenimiento preventivo y correctivo de equipo médico:** camas eléctricas, básculas de la línea SECA, electrocardiógrafos, concentradores de oxígeno y estuches de diagnóstico.

- **Calibración de dispositivos médicos:** especialmente en básculas de adultos, bajo protocolos técnicos estandarizados, cabe mencionar que ésta también entra dentro del mantenimiento preventivo y correctivo.
- **Capacitación, demostración y comercialización de equipos médicos:** comunicación técnica con usuarios, entrenamientos personalizados y apoyo en procesos de venta y garantías.

El alcance de este trabajo se limita a las experiencias profesionales relacionadas con la Ingeniería en Sistemas Biomédicos, dejando fuera aquellas actividades administrativas generales o no vinculadas directamente con el área biomédica. El enfoque está dirigido a mostrar cómo las competencias adquiridas en la licenciatura se aplican en la práctica profesional para garantizar la seguridad, confiabilidad y eficacia de los equipos médicos.

## 2. Antecedentes

### 2.1. Perfil de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos

La Ingeniería en Sistemas Biomédicos es una disciplina interdisciplinaria que combina conocimientos de matemáticas, física, química, biología y ciencias de la salud con fundamentos de ingeniería eléctrica, mecánica, informática y electrónica, con el propósito de diseñar, mantener y optimizar sistemas y dispositivos médicos que contribuyan al diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes.

El plan de estudios de la Facultad de Ingeniería de la UNAM está diseñado para formar profesionales capaces de integrar y aplicar dichos conocimientos en un contexto hospitalario e industrial. Durante la carrera, se adquieren competencias en programación, análisis de circuitos, instrumentación biomédica, fisiología, mecánica del cuerpo humano, logística hospitalaria y normatividad aplicable en México e internacional, lo que permite a los egresados desarrollarse en áreas como:

- Investigación, desarrollo, instalación y mantenimiento de equipo médico y biomédico.
- Diseño y mejora de dispositivos médicos, prótesis e instrumental hospitalario.
- Capacitación y acompañamiento al personal médico, de enfermería y técnico en el uso adecuado de los equipos.
- Implementación de procesos productivos y operativos en salud, garantizando eficiencia, seguridad y calidad.

El egresado de esta carrera es un profesional crítico, analítico, creativo y comprometido con el bienestar del paciente y la optimización de los servicios de

salud. Su perfil le permite actuar como un vínculo entre el conocimiento técnico y las necesidades del área clínica, contribuyendo al avance de la tecnología médica y a la mejora continua de los sistemas hospitalarios.

## **2.2. Importancia del mantenimiento y calibración de equipo médico**

El mantenimiento y la calibración de los equipos médicos constituyen una de las tareas más relevantes dentro del ámbito hospitalario, ya que de ellos depende la confiabilidad de los diagnósticos, la seguridad de los tratamientos y, en última instancia, la vida de los pacientes.

Un equipo médico que no recibe mantenimiento preventivo puede presentar fallas inesperadas que interrumpen la atención clínica, elevan los costos operativos y ponen en riesgo al paciente. De igual forma, un dispositivo sin calibrar puede arrojar resultados erróneos, comprometiendo la precisión en la toma de decisiones médicas.

El ingeniero biomédico es el responsable de establecer protocolos de mantenimiento y calibración que garanticen que cada dispositivo funcione dentro de las especificaciones técnicas establecidas por el fabricante y las normas nacionales e internacionales. Su labor no solo se limita a la reparación de fallas, sino también a la prevención de riesgos, la prolongación de la vida útil de los equipos y la optimización de recursos dentro de las instituciones de salud.

En este sentido, la importancia del mantenimiento y la calibración trasciende el ámbito técnico: representa una acción directa en la seguridad del paciente, eficiencia hospitalaria y en el cumplimiento normativo. Gracias a estas actividades, se asegura que los equipos médicos puedan seguir siendo herramientas confiables para el diagnóstico y tratamiento, y que la atención de los pacientes se realice bajo estándares de calidad.

## **2.3. Normatividad aplicable en México (NOMs, estándares internacionales)**

El campo de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos se encuentra regulado por un conjunto de normas y estándares técnicos cuyo objetivo es garantizar la seguridad, la eficacia y la calidad en el uso de los equipos médicos. Estas normativas establecen criterios obligatorios que deben cumplirse en cada etapa del ciclo de vida de los dispositivos médicos: diseño, fabricación, instalación, mantenimiento, calibración y operación clínica.

En México, la regulación se encuentra principalmente a cargo de la Secretaría de Salud y de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), las cuales emiten y vigilan el cumplimiento de las Normas Oficiales

Mexicanas (NOMs) relacionadas con dispositivos médicos. Entre las más relevantes para el mantenimiento e instalación de equipo médico se encuentran:

- **NOM-240-SSA1-2012:** Establece los requisitos para la instalación y operación de la tecnovigilancia de equipos médicos. [1]
- **NOM-016-SSA3-2012:** Características mínimas de infraestructura y equipamiento en hospitales y consultorios. [2]
- **NOM-137-SSA1-2008:** Requisitos y procedimientos para el etiquetado de dispositivos médicos en el país. [3]
- **NOM-064-SSA1-1993:** Establece las especificaciones sanitarias de los equipos de reactivos utilizados para diagnóstico. [14]

Estas normas aseguran que los equipos médicos se encuentren en condiciones óptimas y que su uso no represente riesgos para pacientes ni para el personal de salud.

A nivel **internacional**, destacan organismos y estándares que sirven de referencia global:

- **ISO (International Organization for Standardization):**
  - **ISO 13485:** Sistemas de gestión de calidad para dispositivos médicos. [4]
  - **ISO 14971:** Gestión de riesgos para dispositivos médicos. [5]
- **IEC (International Electrotechnical Commission):**
  - **IEC 60601:** Serie de normas para la seguridad y el desempeño esencial de equipos electromédicos. [13]
  - **IEC 62353:** Ensayos de seguridad para equipos médicos en mantenimiento periódico. [6]
- **Directivas Europeas (CE):** Reglamento (UE) 2017/745 sobre dispositivos médicos (MDR), que establece requisitos de seguridad y desempeño para la comercialización en Europa.

La observancia de estas normas es indispensable para asegurar que los equipos médicos funcionen de manera segura y precisa, así como para garantizar la trazabilidad, confiabilidad y validez de los resultados clínicos.

En conclusión, la normatividad nacional e internacional establece el marco de referencia bajo el cual el ingeniero biomédico desarrolla sus actividades, y representa

una guía fundamental para la práctica profesional responsable, ética y orientada a la seguridad del paciente.

### **3. Descripción de la empresa**

#### **3.1. Quality Medical Service: historia, misión, visión**

##### **Historia**

Quality Medical Service (Quality MS) es una empresa mexicana con más de 40 años de experiencia en el sector salud, cuyos inicios se remontan a 1978. Desde entonces ha evolucionado hasta consolidarse como un referente en la importación, distribución y comercialización de dispositivos médicos de alta tecnología. A lo largo de su trayectoria ha establecido alianzas con marcas internacionales de prestigio y ha conformado un equipo técnico especializado, con el objetivo de ofrecer soluciones integrales y confiables a instituciones públicas y privadas, así como a médicos y estudiantes del área de la salud. [7]

##### **Misión**

La misión de Quality MS consiste en proporcionar a los profesionales médicos acceso a equipos y tecnologías innovadoras que fortalezcan la atención en salud. Su compromiso se centra en ofrecer productos de calidad acompañados de un servicio oportuno, respetuoso y personalizado, garantizando al mismo tiempo la seguridad y confianza que solo una empresa con trayectoria puede brindar. [7]

##### **Visión**

La visión de la compañía es mantenerse a la vanguardia en el ámbito de la tecnología médica, respondiendo de manera eficaz a las crecientes necesidades del sector salud en México. Con una perspectiva de futuro, busca consolidarse como un aliado estratégico para hospitales y clínicas, aportando soluciones que combinen credibilidad, innovación y excelencia en el servicio. [7]

#### **3.2. Áreas de operación y catálogo de productos**

Quality Medical Service desarrolla sus actividades en tres áreas que le permiten posicionarse como un proveedor integral de soluciones biomédicas en el sector salud:

##### **1. Importación y comercialización de equipos médicos**

La empresa ofrece un amplio portafolio de dispositivos médicos respaldados por marcas reconocidas a nivel internacional, lo que garantiza calidad y actualización constante en sus equipos. Entre sus principales líneas de productos se encuentran

los estuches de diagnóstico con otoscopios y oftalmoscopios, así como esfigmomanómetros, estetoscopios, mesas de exploración y básculas. También comercializa camas eléctricas de hospitalización, ECGs, monitores de signos vitales, refacciones y diversos accesorios y consumibles médicos. Estos productos están dirigidos a hospitales, clínicas privadas, consultorios y centros de enseñanza en ciencias de la salud, contribuyendo a optimizar la atención médica y el desempeño de los profesionales de la salud.

## **2. Servicio técnico especializado**

Quality MS brinda mantenimiento preventivo y correctivo de equipos médicos, integrando dentro de estas actividades la calibración de dispositivos bajo protocolos técnicos estandarizados. Estas acciones garantizan que los equipos operen bajo parámetros de seguridad y precisión, prolongando su vida útil y asegurando la confiabilidad de los resultados clínicos. A ello se suma la gestión de garantías y el soporte postventa, lo que fortalece la relación de confianza con los clientes.

## **3. Capacitación, asesoría y demostraciones**

La empresa ofrece capacitaciones técnicas a los usuarios como parte del proceso de venta e instalación de equipos, asegurando que médicos, enfermeras y personal técnico hagan un uso adecuado y seguro de la tecnología. Asimismo, brinda capacitaciones independientes a instituciones o profesionales que lo requieran, aun cuando no hayan adquirido directamente el producto. Por otro lado, las demostraciones cumplen un rol clave en la estrategia comercial, ya que permiten mostrar a los clientes las características y beneficios de los dispositivos médicos, con el objetivo de apoyar la toma de decisiones en la adquisición.

En conjunto, estas áreas reflejan que Quality Medical Service no se limita a la venta de equipos, sino que ofrece un modelo de atención integral que abarca desde la distribución hasta el servicio postventa y la formación de usuarios, consolidando su posición en un mercado altamente competitivo.

### **3.3. Perfil del cliente y mercado objetivo**

El tipo de clientes de Quality Medical Service está conformado por hospitales públicos y privados, clínicas y consultorios particulares, instituciones educativas, centros de investigación, profesionales de la salud independientes y distribuidores. Estos últimos reciben precios preferenciales para la reventa, lo que amplía el alcance de los equipos en el mercado. En general, los clientes buscan dispositivos médicos confiables, soporte técnico especializado y capacitación que garantice su uso adecuado.

## **4. Experiencia profesional desarrollada**

### **4.1. Mantenimiento preventivo y correctivo de equipo médico**

#### **- 4.1.1. Camas eléctricas de hospitalización Hillrom (proyecto INCAN)**

Las camas eléctricas de hospitalización constituyen un equipo esencial en las áreas clínicas, ya que permiten facilitar la movilización del paciente, mejorar la ergonomía del personal de salud y optimizar los cuidados médicos mediante posiciones terapéuticas y de emergencia. Estas funciones resultan fundamentales en entornos de hospitalización general y en unidades de cuidados intensivos, donde se requiere un alto nivel de seguridad y confort. [10]

En el Instituto Nacional de Cancerología (INCAN) se llevó a cabo un proyecto de mantenimiento preventivo y correctivo de más de 240 camas eléctricas de la marca Hillrom, incluyendo los modelos HR900, HR1000 y las versiones avanzadas Progressa Pulmonary y Progressa Therapy. Las primeras se emplean principalmente en hospitalización general, mientras que las segundas están destinadas a cuidados críticos, debido a su capacidad para proporcionar soporte respiratorio y terapéutico.

El procedimiento de servicio para las camas de hospitalización general inicia con un diagnóstico, orientado a identificar fallas mecánicas, eléctricas o electrónicas en los distintos componentes. Posteriormente, se ejecutan acciones de mantenimiento preventivo, tales como lubricación de piezas móviles, ajuste de conexiones eléctricas, comprobación de alarmas de seguridad, inspección de ruedas, frenos, CPR y accesorios, así como limpieza estructural para prevenir corrosión y garantizar la integridad física del equipo.

En los casos donde se detectan averías críticas, se implementan labores correctivas que incluyen sustitución de motores, reparación de membranas de barandales (Figura A.1.2), reemplazo de tarjetas madre y de control de motores (Figura A.1.1), cambio de baterías y revisión de sistemas electrónicos de mando. Dichas intervenciones permiten mantener la operatividad de los movimientos motorizados (respaldo, rodillas, altura, trendelenburg, antitrendelenburg e inclinaciones laterales), asegurando la continuidad de la atención hospitalaria.

Finalmente, se documentan las acciones realizadas mediante órdenes de servicio (Figura B.3.), con el registro de los componentes sustituidos, pruebas de verificación y recomendaciones de uso, lo cual permitió garantizar la trazabilidad del proceso y la confiabilidad de los equipos intervenidos.

Dentro del proyecto realizado en el Instituto Nacional de Cancerología, una parte del servicio consistió en el mantenimiento preventivo y correctivo de las camas

Progressa Pulmonary y Progressa Therapy, equipos especializados para unidades de cuidados intensivos (UCI). Estas camas no solo cumplen con la función básica de soporte y movilización del paciente, sino que también integran tecnologías avanzadas para la prevención de complicaciones derivadas de la inmovilidad prolongada y para el apoyo en la rehabilitación pulmonar y motriz.

La relevancia de este tipo de camas radica en que permiten realizar movimientos terapéuticos automáticos, cambios de posición programados y terapias de inclinación que contribuyen a la oxigenación y a la reducción de riesgos asociados a la estancia prolongada en cama, como atelectasias, úlceras por presión o pérdida de masa muscular.

En la experiencia de servicio, los principales problemas identificados se relacionaron con fallas electrónicas en las tarjetas de control de los barandales. Estas tarjetas, al recibir un uso continuo, tienden a presentar desgaste en sus circuitos y conexiones, lo que genera pérdida de respuesta en los botones de mando. De manera similar, se detectaron fallas en los pedales de control de altura, derivadas del desgaste en los micro-switches internos, que con el tiempo pierden sensibilidad o quedan trabados, impidiendo un funcionamiento seguro y confiable del sistema de elevación.

Un caso particular se presentó en una cama Progressa Pulmonary (Figura 4.1.1c), cuyo colchón dejó de ejecutar las terapias de rehabilitación respiratoria. El origen del problema fue el mal funcionamiento de la tarjeta de control neumático, el módulo air control box y la válvula de terapia, responsables de regular el inflado y desinflado de las diferentes cámaras de aire que componen el colchón terapéutico. Al no mantener la presión diferencial adecuada, el colchón no podía realizar los ciclos programados de presión alterna ni las inclinaciones laterales asistidas. La solución implicó la sustitución de la tarjeta de control neumático, el módulo air control box y la válvula de terapia, seguido de pruebas funcionales para verificar que los ciclos de terapia se restablecieran de manera completa.

Estas intervenciones pusieron de manifiesto la complejidad tecnológica de las camas Progressa, en donde los fallos no solo impactan en la comodidad del paciente, sino directamente en su proceso terapéutico y de recuperación clínica. Por ello, el mantenimiento de este tipo de equipos demanda un conocimiento profundo en electrónica, mecánica, neumática y protocolos de verificación clínica, asegurando así que cada cama cumpla con los estándares de seguridad y funcionalidad requeridos en una unidad de cuidados intensivos.



**Figura 4.1.1a.** Vista superior de la cama Hillrom mostrando motores eléctricos, control box y cableado.



**Figura 4.1.1b.** Revisión de tarjetas electrónicas y cableado interno durante servicio en INCAN.



**Figura 4.1.1c.** Cama Progressa Pulmonary.

#### **- 4.1.2. Básculas de la línea SECA**

Las básculas médicas son dispositivos para el monitoreo del estado nutricional y la evolución clínica de los pacientes. La marca SECA (marca principal con la cual trabaja QualityMS) ofrece una amplia gama de modelos que incluyen básculas para adultos, pediátricas, pesa bebés y sistemas de bioimpedancia (MBCA). Estas básculas funcionan a través de celdas de carga que transforman la fuerza ejercida por el peso en una señal eléctrica proporcional, la cual es procesada por la tarjeta electrónica para mostrar el valor en pantalla digital.

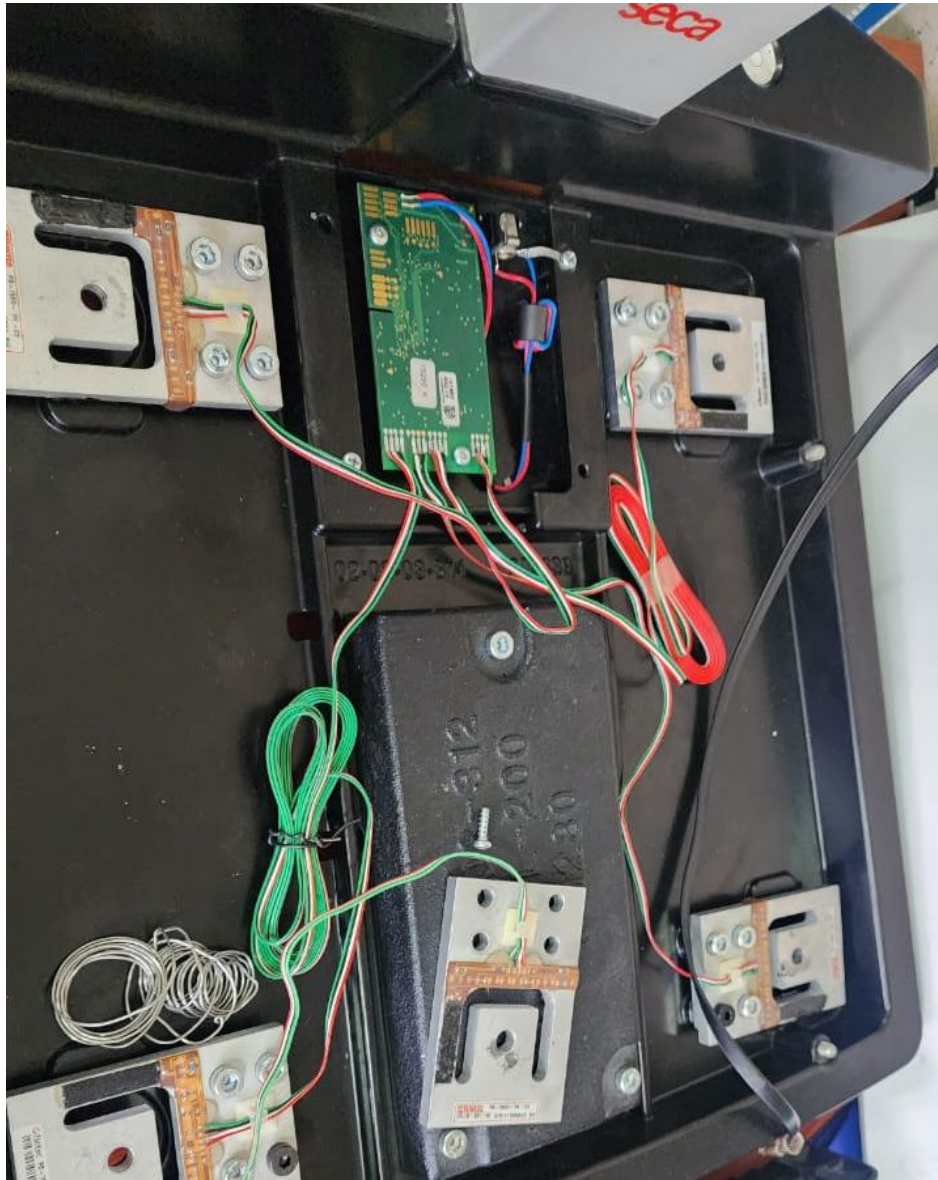
El mantenimiento preventivo de las básculas de la línea SECA consiste principalmente en la calibración con masas patrón certificadas, aplicando un porcentaje del peso máximo soportado por cada equipo. En determinados modelos, este proceso requiere la conexión al software especializado de SECA, el cual permite establecer

comunicación con la báscula, verificar el estado de las celdas de carga y confirmar su funcionamiento. Ya que se ha asegurado este punto, se procede a la calibración con masas patrón para garantizar un pesaje confiable y exacto.

En el caso de básculas con reporte de falla, se realiza un diagnóstico con el fin de identificar la causa del problema. La intervención más común consiste en el reemplazo de celdas de carga (Figura 4.1.2a.), debido a que estas suelen ser los componentes que con mayor frecuencia presentan desgaste o daño. Tras el cambio de piezas, se repite el proceso de calibración y se comprueba que los valores obtenidos sean consistentes y se encuentren dentro de los parámetros establecidos por el fabricante (Figura 4.1.2b.). Cabe mencionar que los procedimientos de calibración varían según el modelo: mientras algunos requieren del software para realizar el ajuste, otros permiten la calibración de manera manual, a través de juego de botones o accediendo directamente a su tarjeta principal.

Las básculas pediátricas y pesa bebés presentan un procedimiento más sencillo, ya que en la mayoría de los modelos no es necesario el uso de software para la calibración. Sin embargo, su revisión exige cuidado en la sensibilidad y estabilidad de las mediciones, dado que trabajan con rangos de peso bajos que requieren gran precisión (Figura A.2.1).

Los equipos que demandan mayor atención técnica son las básculas de composición corporal (MBCA), debido a que ofrecen parámetros avanzados de evaluación clínica. Su mantenimiento no solo incluye la calibración del peso, sino también la del estadímetro ultrasónico, así como la verificación y calibración de la bioimpedancia eléctrica. Adicionalmente, estos equipos requieren la actualización periódica del software, lo que asegura la confiabilidad de los cálculos relacionados con la masa muscular, masa grasa, agua corporal total, metabolismo basal y ángulo de fase.



**Figura 4.1.2a.** Vista interna de una báscula SECA mostrando celdas de carga y conexiones electrónicas.



**Figura 4.1.2b.** Báscula SECA con estadímetro, calibrada mediante masa patrón de 20 kg; el resultado mostrado en pantalla coincide con el valor real.

La evidencia fotográfica del mantenimiento realizado a otro tipo de básculas se presenta en el Anexo A (Figuras A.1.1 a A.1.2).

#### - 4.1.3. Electrocardiógrafos

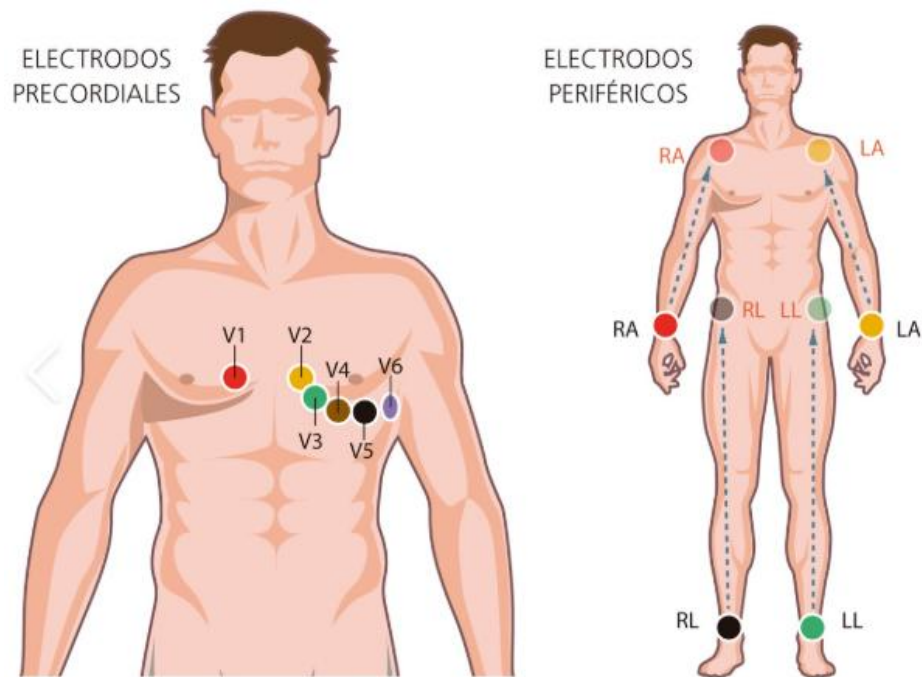
El electrocardiógrafo es un dispositivo médico que se utiliza para el diagnóstico de patologías cardiacas, ya que permite registrar la actividad eléctrica del corazón de manera no invasiva y en tiempo real. A través del electrocardiograma (ECG), el

personal clínico puede identificar alteraciones como arritmias, bloqueos de conducción, isquemias e infartos agudos al miocardio. Por esta razón, el adecuado funcionamiento de este equipo resulta esencial para garantizar diagnósticos confiables y oportunos, siendo considerado una herramienta de primera línea en la detección de fisiopatologías cardiacas.

Para asegurar la operación y mantenimiento de los electrocardiógrafos, el ingeniero biomédico debe contar con conocimientos sólidos sobre la anatomía y fisiología del sistema cardiovascular, así como sobre la forma en que se generan y registran las señales eléctricas. El corazón, al despolarizarse y repolarizarse, produce impulsos eléctricos que pueden ser captados en la superficie del cuerpo mediante electrodos. Estas señales se organizan en diferentes tipos de derivaciones:

- **Derivaciones bipolares (I, II, III):** miden la diferencia de potencial entre dos extremidades.
- **Derivaciones aumentadas (aVR, aVL, aVF):** amplifican el potencial de una extremidad en relación con las otras dos.
- **Derivaciones precordiales (V1 a V6):** se colocan en puntos específicos del tórax para observar la actividad eléctrica en diferentes planos del corazón.

Comprender la procedencia y el significado de cada derivación permite al ingeniero biomédico diferenciar entre una alteración clínica real y un error técnico, como la mala colocación de electrodos, artefactos por movimiento del paciente, interferencias eléctricas o fallas del equipo. Esta capacidad de análisis resulta clave para determinar si un trazo anómalo corresponde a una condición patológica o a una causa técnica, y por tanto, para contribuir a la seguridad diagnóstica del paciente.



**Figura 4.1.3a.** Esquema de colocación de electrodos para un electrocardiograma de 12 derivaciones, mostrando electrodos de extremidades y precordiales. [8]

### Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento de los electrocardiógrafos es una actividad que debe realizarse de manera periódica, siguiendo los lineamientos establecidos en los manuales de servicio de cada fabricante. Durante mi experiencia profesional, tuve la oportunidad de realizar mantenimientos preventivos y correctivos a equipos de las marcas Mortara, Welch Allyn y Schiller, cada una con procedimientos específicos y rutinas definidas.

En el caso del modelo Welch Allyn CP150, por ejemplo, el equipo cuenta con una rutina de mantenimiento integrada en su software, la cual permite ejecutar pruebas automáticas de impresión, calibración de parámetros y verificación del correcto funcionamiento de los sistemas internos.

Las actividades realizadas durante el mantenimiento preventivo son:

- Inspección física del equipo, accesorios, cables, latiguillos y conectores.
- Verificación de continuidad de los cables y sensores.
- Revisión de idioma, fecha y hora, así como de la configuración de alarmas.

- Encendido del equipo, rutina de arranque y despliegue de parámetros en pantalla.
- Comprobación de la batería y la fuente de alimentación.
- Limpieza interna y externa del dispositivo.
- Prueba de impresión utilizando un simulador de ECG de 12 derivaciones con amplitud y frecuencia conocidas, verificando la legibilidad, uniformidad, exactitud y ausencia de distorsión en las curvas

### **Mantenimiento Correctivo**

Además del mantenimiento preventivo, existen casos donde es necesario realizar intervenciones correctivas. Entre las fallas más comunes se encuentran:

- Pérdida de señal por deterioro de cables de paciente.
- Mal funcionamiento de conectores o puertos.
- Falla del sistema de impresión térmica (cabezal dañado o papel mal alineado).
- Errores de configuración en el software interno.
- Baterías agotadas o dañadas.

En estos casos se realizan actividades como:

- Sustitución de cables y accesorios defectuosos.
- Reemplazo de cabezales de impresión.
- Reparación de fuentes de alimentación.
- Revisión de firmware y restauración de configuraciones por defecto.
- Ajuste de parámetros de impresión.

Todas las intervenciones se realizaron siguiendo las indicaciones del fabricante y registrando cada actividad en los formatos correspondientes, con la finalidad de asegurar trazabilidad y cumplimiento con los estándares de calidad.

El mantenimiento de los electrocardiógrafos no es solo una labor técnica; es una responsabilidad clínica indirecta, ya que la precisión del diagnóstico médico depende en gran medida de la fidelidad de la señal captada y registrada por estos equipos. Una curva alterada por un fallo técnico puede inducir a un diagnóstico incorrecto, lo cual representa un riesgo grave para el paciente.

Por ello, el ingeniero biomédico debe no solo conocer el equipo desde el punto de vista técnico, sino también comprender el origen de las señales, los parámetros fisiológicos que representan y las condiciones clínicas en que se usan estos dispositivos. Este conocimiento integral permite tomar decisiones más acertadas al momento de diferenciar entre una falla técnica y una alteración fisiológica, y garantiza un servicio de mayor calidad y seguridad.

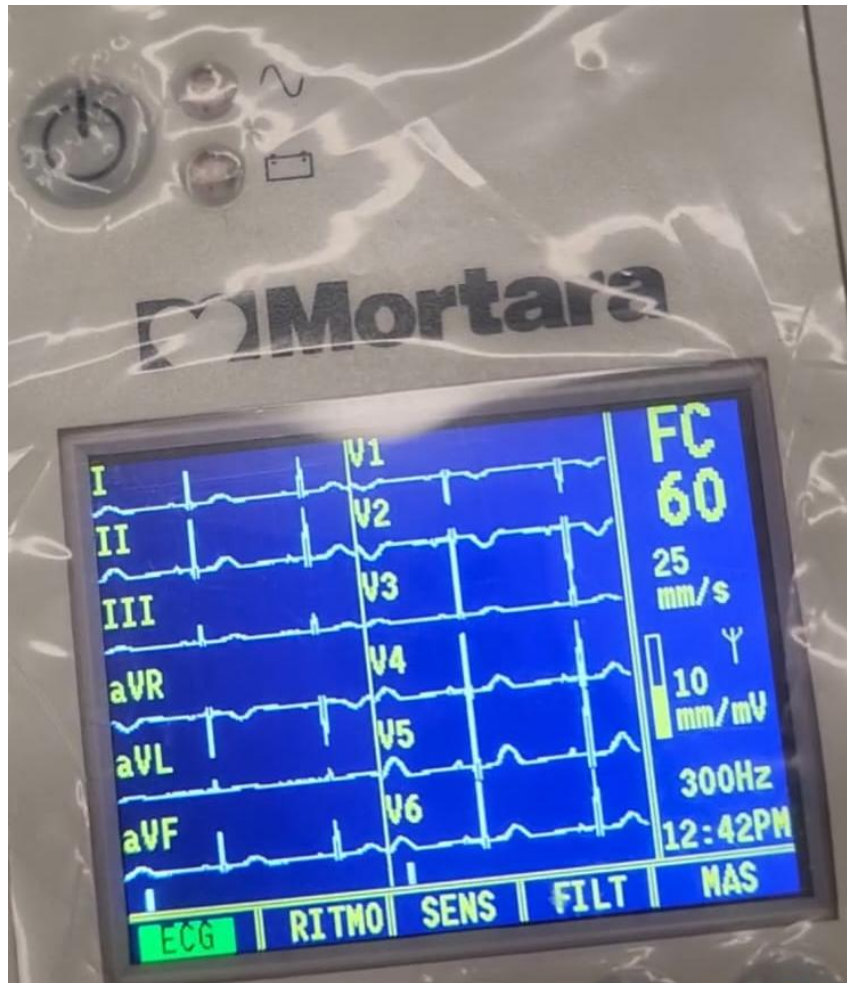
El procedimiento de verificación del equipo puede incluir la conexión del electrocardiógrafo a un simulador calibrado (Figura 4.1.3B). Esta prueba permite determinar si las fallas detectadas provienen de los cables de electrodos, del módulo de adquisición de señal o del monitor, facilitando un diagnóstico certero del origen del problema.

Durante el servicio técnico es posible identificar registros anómalos, como la presencia de ruido en la señal (Figura A.3.1), el cual interfiere con la correcta interpretación clínica y podría derivar en diagnósticos erróneos. En contraste, una señal limpia (Figura A.3.2) representa el estado óptimo del equipo, asegurando la confiabilidad del estudio cardiológico.

Adicionalmente, la revisión de la pantalla del dispositivo (Figura 4.1.3c) permite confirmar que las 12 derivaciones se registran en tiempo real, con parámetros configurados de manera adecuada: velocidad de barrido (25 mm/s), amplitud de señal (10 mm/mV) y frecuencia de muestreo, garantizando la calidad diagnóstica.



**Figura 4.1.3b.** Conexión de un electrocardiógrafo (lado derecho esquina superior) a un simulador calibrado (lado izquierdo esquina inferior). Este procedimiento permite verificar si las fallas detectadas provienen de los cables de los electrodos, del módulo de adquisición de señal o del monitor. De esta manera se asegura un diagnóstico preciso de la avería.



**Figura 4.1.3c.** Pantalla de un electrocardiógrafo Mortara mostrando las 12 derivaciones estándar en tiempo real, con parámetros configurados (velocidad de barrido, amplitud y frecuencia de muestreo).

#### - 4.1.4. Concentradores de oxígeno

Los concentradores de oxígeno son equipos médicos de uso crítico que permiten suministrar oxígeno suplementario a pacientes con insuficiencia respiratoria o patologías crónicas. Su correcto funcionamiento resulta vital, ya que una falla en este dispositivo puede comprometer directamente la seguridad y estabilidad clínica del paciente.

En este sentido, el **ingeniero biomédico** desempeña un papel fundamental en el aseguramiento de la confiabilidad de estos equipos. Su formación multidisciplinaria le permite aplicar conocimientos en electrónica, mecánica, neumática y fisiología

humana para garantizar que los concentradores entreguen un flujo constante y una concentración adecuada de oxígeno. Además, su intervención asegura el cumplimiento de las normativas de seguridad y calidad establecidas por organismos nacionales e internacionales en materia de dispositivos médicos.

### **Mantenimiento preventivo**

Las actividades preventivas tienen como objetivo preservar el correcto funcionamiento del equipo y prolongar su vida útil. Dentro de estas se incluyen:

- **Reemplazo de filtros:** sustitución de filtros de entrada y bacterianos según las recomendaciones del fabricante, evitando la acumulación de polvo o contaminantes que afecten el rendimiento del equipo.
- **Limpieza exterior e interior:** retiro de suciedad en gabinete, superficies y componentes internos, lo que previene obstrucciones y favorece la adecuada circulación de aire.
- **Verificación de la salida de oxígeno:** medición de la concentración y flujo de oxígeno entregado, asegurando que se encuentren dentro de los parámetros técnicos especificados.
- **Prueba de alarmas:** comprobación del funcionamiento de alarmas visuales y auditivas que advierten sobre fallas de presión, bajo nivel de oxígeno o mal funcionamiento del sistema.
- **Inspección física:** revisión del estado de mangueras, conexiones, ventiladores, compresor y tarjetas electrónicas, identificando señales de desgaste, sobrecalentamiento o daño.

### **Mantenimiento correctivo**

Este se realiza cuando se detectan fallas en la operación o anomalías en las pruebas preventivas. Las actividades más comunes son:

- Sustitución de componentes dañados, como mangueras, ventiladores, compresores o tarjetas electrónicas.
- Ajuste y calibración de parámetros de flujo y concentración de oxígeno.
- Reparación de alarmas y sistemas de seguridad.
- Restauración del equipo a condiciones óptimas de operación, siguiendo especificaciones técnicas del fabricante.

Como se observa en la Figura 4.1.4a y 4.1.4b, el acceso al interior de los concentradores de oxígeno permite verificar el estado del compresor, filtros, ventiladores y conexiones, lo cual es esencial para diagnosticar fallas y asegurar un suministro confiable de oxígeno.



**Figura 4.1.4a.** Vista interna de un concentrador de oxígeno portátil, mostrando compresor, ventilador y filtros. La inspección de estos componentes permite diagnosticar obstrucciones y garantizar un flujo continuo de oxígeno.



**Figura 4.1.4b.** Interior de un concentrador de oxígeno, donde se aprecian el compresor y el sistema de tuberías. El mantenimiento en esta sección incluye la revisión de mangueras, conexiones y la sustitución de filtros y componentes desgastados.

#### - 4.1.5. Estuches de diagnóstico

Los estuches de diagnóstico son equipos médicos de uso esencial en la práctica clínica, ya que permiten la exploración inicial y el seguimiento de la salud del paciente. Generalmente, están compuestos por un oftalmoscopio y un otoscopio, instrumentos básicos para la revisión ocular y del oído, respectivamente (Figura 4.1.5a.). Su correcto funcionamiento es indispensable para obtener valoraciones confiables y precisas, por lo que resulta fundamental establecer rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo que garanticen su vida útil y la seguridad del diagnóstico.

## **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo de los estuches de diagnóstico se centra en la limpieza, inspección y verificación funcional de los componentes.

- **Oftalmoscopio:**

- Limpieza de aperturas y lentes.
- Verificación del correcto funcionamiento de las aperturas.
- Revisión de las dipotrias o lentes de enfoque (la cantidad varía según el modelo) (Figura 4.1.5b.)
- Comprobación de la iluminación (Figura 4.1.5c.).
- Inspección física de la carcasa general y del descansa-cejas.

- **Otoscopio:**

- Limpieza de la ventana de observación y verificación de que se abra con facilidad.
- Revisión de la iluminación (Figura 4.1.5d.)
- Inspección física para descartar daños estructurales.
- Comprobación de que no existan obstrucciones en el conducto visual.

Cabe destacar que, debido a la presencia de piezas muy pequeñas como balines y mini resortes, se recomienda no desarmar estos equipos. El objetivo es preservar la integridad del dispositivo mediante procedimientos externos de limpieza y verificación.

## **Mantenimiento correctivo**

En caso de fallas, se recurre al mantenimiento correctivo, el cual puede implicar la apertura del equipo para sustituir componentes o reparar desperfectos internos. Dada la variedad de modelos y el diseño específico de cada fabricante, es indispensable consultar el manual técnico correspondiente, ya que éste detalla el acomodo y la disposición de los componentes. Una manipulación inadecuada podría ocasionar la pérdida de piezas pequeñas o el mal ensamble del dispositivo, comprometiendo su funcionamiento.



**Figura 4.1.5a.** Modelo de estuche de diagnóstico portátil, conformado por mango, cabezales intercambiables y accesorios.



**Figura 4.1.5b.** Prueba de funcionamiento del oftalmoscopio con un simulador de retina, utilizada para verificar la calidad de la iluminación y las ópticas.



**Figura 4.1.5c.** Oftalmoscopio encendido, mostrando el haz de luz proyectado, fundamental para la exploración ocular.



**Figura 4.1.5d.** Otoscopio encendido, empleado en la exploración del oído y cuya iluminación debe ser clara y homogénea para evitar errores diagnósticos.

El diagrama de los componentes del estuche de diagnóstico se encuentra en el Anexo apartado A.5.

#### **-4.1.6. Mesas de exploración**

Las mesas de exploración son dispositivos médicos indispensables en la atención clínica, ya que permiten al personal de salud realizar revisiones generales y procedimientos de manera segura, cómoda y eficiente. Su diseño ergonómico y funcional facilita tanto la exploración física del paciente como la intervención en procedimientos ambulatorios. Estas mesas pueden ser manuales o motorizadas, y cuentan con diferentes accesorios y sistemas eléctricos que mejoran la experiencia del paciente y la practicidad para el médico.

Un ejemplo de equipo especializado es la silla de procedimiento o mesa de exploración Knight Biltmore (Figura A.5.1.), ampliamente utilizada en hospitales y consultorios por su versatilidad y capacidad de ajuste mediante sistemas

motorizados. Estos dispositivos integran componentes eléctricos y mecánicos como motores, tarjetas electrónicas, fusibles, cables de alimentación, y limit switch (interruptores de límite) que permiten controlar con precisión el movimiento de la mesa.

### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo en las mesas de exploración busca garantizar un funcionamiento seguro y prolongar la vida útil de los componentes. En este proceso se revisa:

- **Motores:** verificar ruidos inusuales, calentamiento y fijación mecánica.
- **Tarjetas electrónicas:** inspección visual en busca de quemaduras o conexiones flojas (Figura 4.1.6a).
- **Fusibles y cables:** comprobación del estado físico, continuidad eléctrica y aislamiento.
- **Limit switch:** asegurar que actúen correctamente como sistemas de seguridad que evitan movimientos fuera del rango establecido.
- **Estructura física:** limpieza, revisión de tapicería, tornillería y estabilidad de la mesa.

El objetivo es detectar anomalías antes de que se presenten fallas mayores y mantener la mesa en óptimas condiciones para su uso clínico.

### **Mantenimiento correctivo**

Cuando se presentan fallas, el mantenimiento correctivo implica identificar la causa raíz del problema y reemplazar o reparar los componentes afectados. Es fundamental realizar un diagnóstico preciso, ya que este determinará la efectividad de la reparación y los costos asociados al servicio (Figura A.5.2.).

### **Experiencia en un mantenimiento correctivo de la mesa Knight Biltmore**

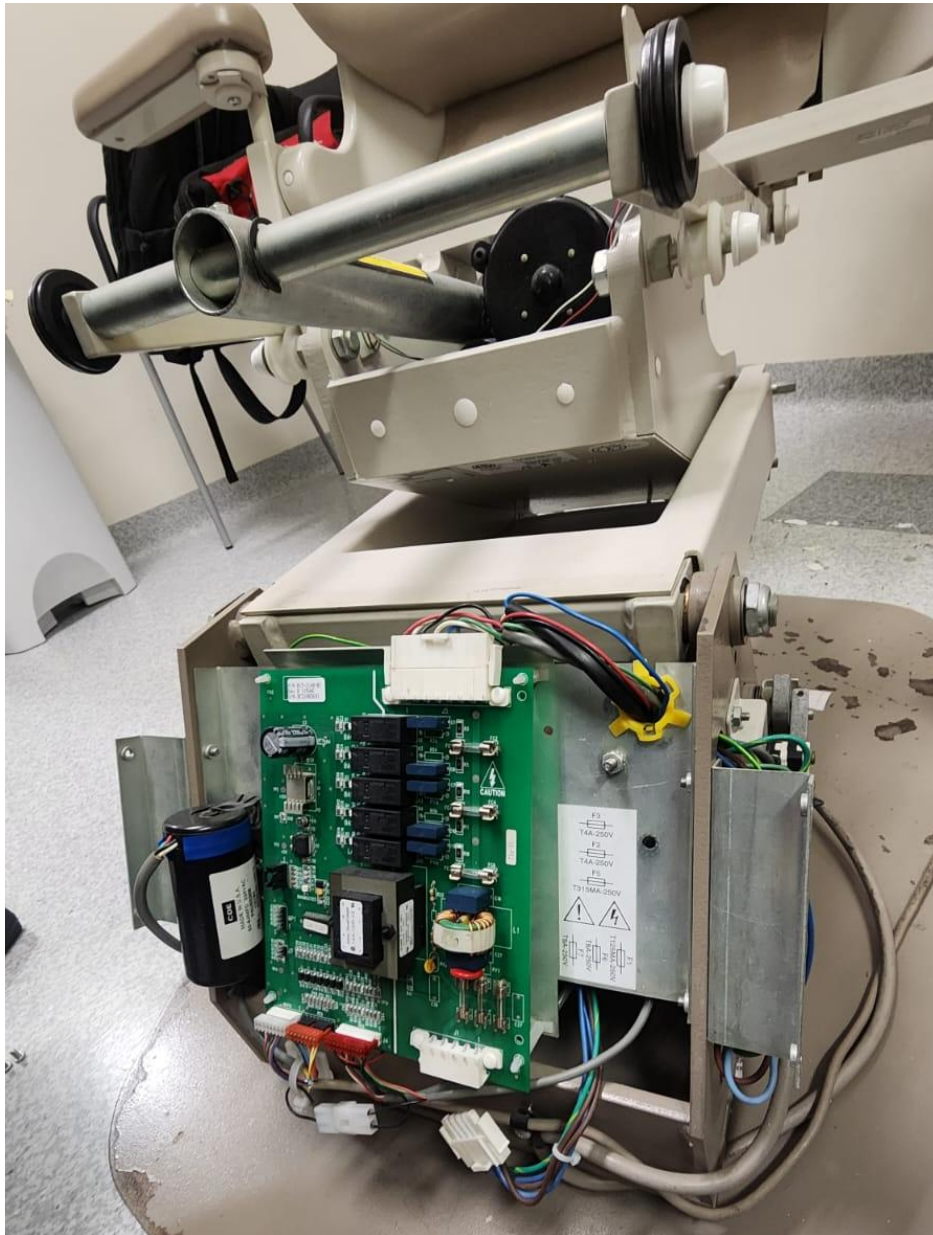
Durante una experiencia práctica, se recibió una mesa de exploración Knight Biltmore que había dejado de realizar los movimientos de ascenso y descenso. Inicialmente, se consideró que la falla podría estar en uno de los motores, ya que son los responsables directos de los movimientos verticales. Sin embargo, antes de proceder con el cambio de componentes, se realizó una inspección más detallada del sistema.

El análisis permitió identificar que el problema no radicaba en los motores, sino en el sistema de limit switch, el cual estaba presentando fallas e impidiendo la operación

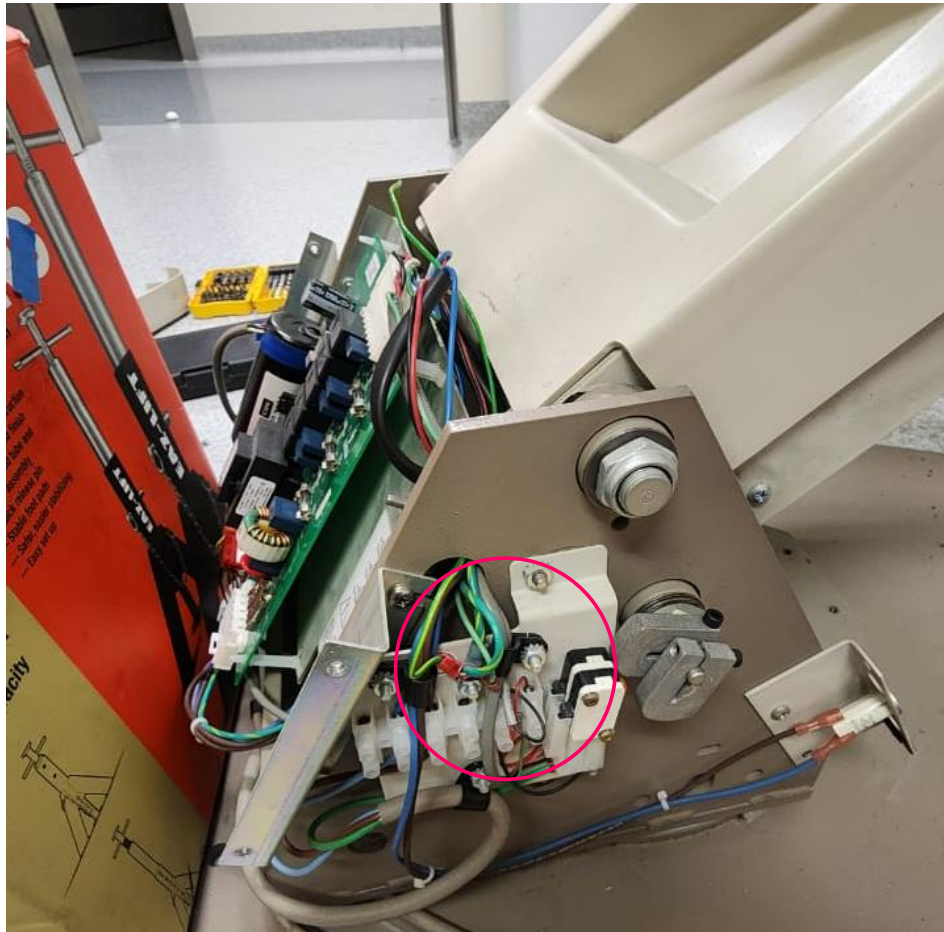
normal (Figura 4.1.6b). De haberse realizado un diagnóstico superficial, se habría procedido a cambiar un motor —con un costo considerable para el hospital— sin resolver el problema de fondo. En cambio, al identificar correctamente la falla en los limit switch, se logró:

- Disminuir los costos de reparación para la institución de salud.
- Optimizar el tiempo de servicio, al centrarse en la verdadera causa.
- Garantizar la funcionalidad de la mesa, restableciendo sus movimientos correctamente.

Este caso evidencia la importancia de aplicar un proceso riguroso de diagnóstico en el mantenimiento correctivo, ya que un error en la interpretación de la falla no solo eleva los costos, sino que también compromete la confianza del cliente y la eficiencia del servicio biomédico.



**Figura 4.1.6a.** Tarjeta principal de la mesa Knight Biltmore, donde se conectan motores, fusibles y demás componentes electrónicos.



**Figura 4.1.6b.** Sistema de *limit switch* de la mesa Knight Biltmore, identificado como la causa real de la falla en los movimientos de ascenso y descenso, identificado dentro del círculo rosa.

#### -4.1.7. Pruebas de esfuerzo

Las pruebas de esfuerzo son procedimientos diagnósticos fundamentales en el área de cardiología, ya que permiten evaluar la respuesta del corazón y del sistema cardiovascular frente a situaciones de ejercicio controlado. Mediante estas pruebas es posible identificar alteraciones en el ritmo cardíaco, la presión arterial, la oxigenación y la tolerancia al esfuerzo físico. Por ello, su correcto funcionamiento es crucial en la detección temprana de enfermedades cardiovasculares, en el seguimiento de pacientes con patologías previas y en la valoración de la capacidad física.

Los sistemas de prueba de esfuerzo están conformados por diferentes componentes que el hospital puede adquirir según sus necesidades. Estos son: la banda sinfín (caminadora), el software, el monitor y el ergómetro (bicicleta estática) (Figura

4.1.7a). Cada uno requiere rutinas específicas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar resultados precisos y confiables.

### **1. Banda sinfín (caminadora)**

En este componente se debe realizar:

- **Lubricación del tornillo sinfín**, lo que asegura un movimiento uniforme y sin fricción excesiva.
- **Revisión de la tensión de la banda del motor**: se aplica una ligera presión en un punto específico y se mide la distancia de desplazamiento; si se encuentra dentro de los rangos establecidos por el fabricante, la banda se considera correctamente ajustada.
- **Alineación de la banda**, que previene el desgaste irregular y posibles fallas mecánicas.
- **Verificación de botones de paro y emergencia**, asegurando que respondan de manera inmediata ante cualquier eventualidad.

### **2. Software**

El software es el encargado de procesar, registrar y mostrar los resultados de la prueba. Su mantenimiento incluye:

- **Revisión de la máquina** para comprobar que cuente con suficiente espacio en disco y memoria.
- **Verificación y actualización de versiones**, garantizando compatibilidad con los equipos médicos y precisión en el análisis.
- **Limpieza general de puertos y cables**, previniendo fallos de comunicación o desconexiones durante la prueba.

### **3. Monitor**

El monitor es el encargado de mostrar en tiempo real los parámetros fisiológicos del paciente. En este equipo se realiza:

- **Revisión de las conexiones** con los diferentes accesorios.
- **Calibración de los módulos de presión arterial y oxímetro de pulso**, siguiendo los protocolos del fabricante.
- **Corrección de descalibraciones**, ya que un error en estos parámetros podría conducir a interpretaciones clínicas equivocadas.

#### **4. Ergómetro (bicicleta estática)**

El ergómetro es una alternativa a la banda sinfín, utilizada principalmente en pacientes que no pueden realizar la prueba en caminadora. Su mantenimiento incluye:

- **Verificación del sistema de resistencia o freno electromagnético**, el cual regula la carga de trabajo durante la prueba.
- **Revisión de los sensores de cadencia y potencia**, que permiten cuantificar con precisión el esfuerzo realizado por el paciente.
- **Chequeo de pedales, correas y estructura física**, garantizando estabilidad y seguridad.
- **Inspección de la conexión con el sistema central (software y monitor)**, ya que los datos del ergómetro deben integrarse correctamente al registro de la prueba.



**Figura 4.1.7a.** Sistema de prueba de esfuerzo en un área de cardiología, compuesto por banda sinfín (caminadora), monitor y estación de cómputo con software especializado para la adquisición y análisis de datos en tiempo real.

### **Importancia del mantenimiento**

El adecuado mantenimiento preventivo y correctivo de cada uno de estos componentes asegura que la prueba de esfuerzo proporcione resultados válidos y reproducibles, evitando diagnósticos erróneos.

## **4.2. Calibraciones**

La calibración es el proceso mediante el cual se compara el valor medido por un equipo contra un patrón de referencia previamente certificado. El objetivo es determinar si el equipo bajo prueba ofrece resultados dentro del rango de tolerancia establecido. En caso de que el dispositivo presente desviaciones significativas, se realiza un ajuste para corregirlas, asegurando así la confiabilidad de las mediciones.

La importancia de la calibración radica en que garantiza la exactitud y trazabilidad de las mediciones, lo cual es esencial en equipos médicos, ya que de estas depende el diagnóstico y tratamiento adecuado de los pacientes. Una báscula mal calibrada, por ejemplo, podría conducir a errores clínicos en la valoración nutricional o en el cálculo de dosis de medicamentos que dependen del peso corporal.

### **- 4.2.1. Básculas**

En el ámbito hospitalario se utilizan diferentes tipos de básculas que requieren procesos de calibración específicos según su tecnología. En la experiencia de campo se han trabajado principalmente con tres tipos de básculas:

#### **1. Básculas mecánicas (Figura 4.2.1a.)**

- La calibración se realiza de manera manual y mecánica, ajustando los contrapesos internos o el tornillo de calibración.
- Este procedimiento asegura que, al colocar un peso patrón, la aguja o el indicador se encuentre en el punto correcto.
- Son equipos sencillos, pero requieren precisión en el ajuste físico para garantizar lecturas exactas.

#### **2. Básculas electrónicas con calibración lineal interna (Figura 4.2.1b.)**

- En este tipo de básculas, la calibración se lleva a cabo mediante el sistema interno del equipo.
- La calibración se aplica de manera conjunta a todas las celdas de carga, funcionando como un ajuste promedio que distribuye el valor entre todas ellas.
- Este método es práctico y rápido, aunque no corrige diferencias individuales entre las celdas.

### 3. **Básculas electrónicas con calibración por software externo (Figura 4.2.1c.)**

- En modelos más avanzados, como las básculas de composición corporal (ej. Seca MBCA), o modelos como la 769 de la línea de SECA, la calibración se realiza mediante un software especializado conectado al equipo específico de la marca.
- Este procedimiento permite calibrar celda por celda, corrigiendo desviaciones específicas y garantizando una mayor precisión en las mediciones.
- Se utilizan masas patrón certificadas, y el software registra los valores, aplica las correcciones necesarias y genera un respaldo digital del proceso.

#### 3.1. **Calibración de MBCA (Figura 4.2.1d.)**

La calibración de este equipo se divide en tres fases principales: peso, bioimpedancia y estadímetro ultrasónico. Cada una asegura la precisión de los diferentes módulos de medición integrados.

##### ❖ **Calibración del peso**

Existen dos modalidades de calibración, que se seleccionan en función del estado de las celdas de carga:

- Verificación previa: se debe comprobar que las celdas de carga en las cuatro esquinas respondan de manera uniforme al aplicar un peso patrón.
  - Si todas están dentro de tolerancia → se procede con calibración lineal.
  - Si alguna muestra desviación → se procede con calibración corner lineal.
- Calibración lineal
  - Se utiliza un peso patrón de 90 kg.
  - El ajuste se realiza distribuyendo el peso en el centro de la plataforma.
  - Este método ajusta la respuesta promedio de las celdas.
- Calibración corner lineal
  - Se utiliza el 75% de la capacidad máxima del equipo → 270 kg.
  - Permite corregir desviaciones específicas en cada celda de carga, garantizando la uniformidad en la medición.

#### ❖ **Calibración de la bioimpedancia**

Este paso asegura que las mediciones de composición corporal (resistencia e impedancia) se realicen dentro de los rangos correctos.

- Se utiliza el kit oficial de SECA, que incluye:
  - Tester: dispositivo que verifica si la calibración actual del módulo de bioimpedancia es correcta.
  - Calibrador certificado: se utiliza en caso de que el tester indique desviación.
- Procedimiento:
  - Conectar el tester y ejecutar la prueba de verificación.
  - Si el resultado es satisfactorio → no se requiere ajuste.
  - Si el resultado es incorrecto → se conecta el calibrador certificado de SECA.
  - Se realiza el ajuste según las indicaciones del software.
  - Se repite la prueba con el tester para confirmar la correcta calibración.

#### ❖ **Calibración del estadímetro ultrasónico**

Este paso garantiza la exactitud en la medición de la estatura.

- Se utiliza un patrón de estadímetro certificado de 86 cm.
- El patrón se coloca en la base de medición, alineado con el emisor ultrasónico.
- Se ejecuta la rutina de calibración en el software, introduciendo el valor patrón.
- Se repite la medición para confirmar que el resultado coincida con el valor de referencia.



**Figura 4.2.1a.** Calibración de báscula mecánica mediante el uso de masas patrón certificadas, ajustando el sistema de contrapesos para garantizar la exactitud de las mediciones.



**Figura 4.2.1b.** Calibración de báscula electrónica con sistema de calibración lineal interna, donde la corrección se aplica de manera conjunta a todas las celdas de carga a través del módulo interno del equipo, se tiene que hacer un puente para poder acceder al modo calibración.



**Figura 4.2.1c.** Calibración de báscula electrónica con software externo, donde se corrige celda por celda utilizando masas patrón y un programa especializado que genera registro digital del proceso.



**Figura 4.2.1d.** Calibración de MBCA.

#### **- 4.2.2. Protocolos y herramientas utilizadas**

La calibración de básculas en el ámbito hospitalario requiere protocolos estandarizados que garanticen la exactitud de las mediciones y la seguridad durante el procedimiento. El proceso debe seguir las recomendaciones establecidas por el fabricante en los manuales de servicio, así como los lineamientos de metrología aplicables.

## Protocolo general de calibración

### 1. Verificación de estabilidad del equipo

- Comprobar que la báscula se encuentre fija al piso y nivelada correctamente, evitando superficies irregulares que puedan alterar las mediciones.

### 2. Determinación del peso patrón requerido

- Conocer la capacidad máxima de la báscula y, con base en ella, definir el conjunto de masas patrón necesarias para cubrir los rangos de calibración especificados.

### 3. Preparación de la zona de trabajo

- Acomodar las pesas patrón de manera ordenada y accesible para agilizar el procedimiento.
- Garantizar que el área esté libre de obstáculos o vibraciones que puedan interferir en la medición.

### 4. Ejecución de la calibración

- Seguir los pasos indicados en el **manual de servicio del modelo correspondiente**, ya que cada fabricante establece secuencias y parámetros específicos.
- En las básculas con **calibración por software**, seleccionar el tipo y módulo adecuado antes de iniciar el proceso, pues la interfaz varía según el modelo.
- En básculas con calibración **lineal o mecánica**, aplicar el ajuste correspondiente de manera manual o a través de la interfaz interna del equipo.

### 5. Verificación de resultados

- Corroborar que los valores arrojados por la báscula coincidan con los valores patrón dentro de las tolerancias establecidas.
- En caso de desviaciones, realizar los ajustes necesarios hasta obtener la concordancia esperada.

## 6. Registro y trazabilidad

- Documentar el procedimiento realizado, los valores de prueba, las desviaciones encontradas y las correcciones aplicadas.
- Emitir un certificado de calibración o constancia que avale el proceso, asegurando la trazabilidad a estándares nacionales o internacionales.

### Herramientas utilizadas

- **Masas patrón certificadas**, con trazabilidad reconocida por organismos de metrología (Figura C.4.2.1a.).
- **Software de calibración especializado**. Software de SECA. (Figura B.1.)
- **Instrumentos de apoyo**: paños de limpieza para mantener la superficie libre de polvo, y niveladores en caso de ser necesarios.
- **Manual de servicio del fabricante**, indispensable para asegurar que el procedimiento siga las especificaciones técnicas de cada modelo.

## 4.3. Demostraciones y capacitaciones

### - 4.3.1. Metodología de capacitación a personal de salud

La capacitación constituye una etapa fundamental para garantizar el uso adecuado y seguro de los equipos médicos en hospitales y clínicas. Estas sesiones se realizan tanto posterior a la adquisición de equipos como de manera independiente, cuando las instituciones de salud solicitan entrenamientos específicos para su personal con el objetivo de optimizar la operación, prevenir daños en los dispositivos y prolongar su vida útil.

El proceso de capacitación está a cargo de un especialista de producto, quien posee un conocimiento técnico sobre las características, funciones y protocolos de uso de cada equipo. Dicho especialista adapta el contenido de la capacitación a las necesidades del hospital, considerando factores como:

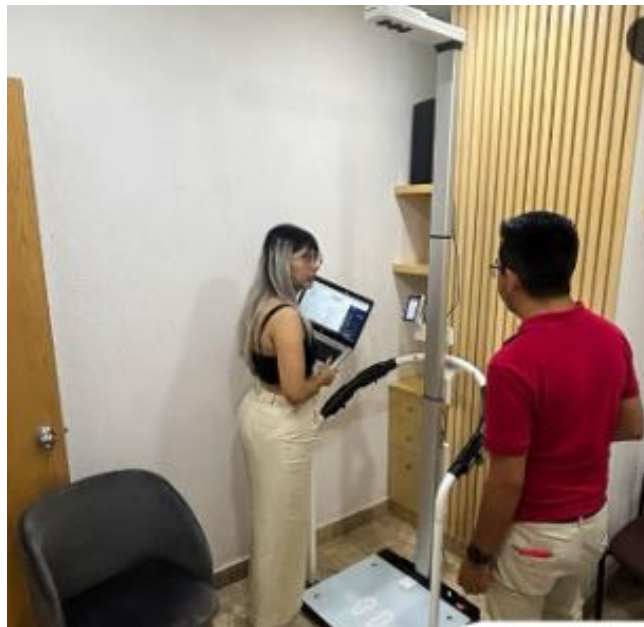
- Nivel de experiencia previa del personal.
- Complejidad tecnológica del equipo.
- Requerimientos específicos de cada área clínica (hospitalización, quirófano, terapia intensiva, etc.).

Las capacitaciones pueden incluir demostraciones prácticas, manuales de referencia, dinámicas de resolución de fallas comunes y sesiones de preguntas y respuestas. También se fomenta el aprendizaje activo al permitir que los profesionales de salud interactúen directamente con el equipo bajo la supervisión del capacitador (Figura 4.3.1a).

Desde un punto de vista comercial, la capacitación puede formar parte del paquete de venta, ofrecerse de manera gratuita como un valor agregado para fidelizar clientes, o bien cobrarse de forma independiente cuando se trata de entrenamientos adicionales o especializados.

En el caso de los distribuidores, la estrategia es variable: en muchas ocasiones se les ofrece la capacitación de manera gratuita con el objetivo de que conozcan el funcionamiento del equipo y, de esta manera, puedan transmitir la información a sus clientes y ofrecer la capacitación como parte de sus propios paquetes de venta. Sin embargo, en otros casos también se establece un costo por dichas capacitaciones, dependiendo de la política comercial vigente y de la estrategia particular del área de ventas.

En todos los escenarios, la finalidad es la misma: asegurar que los equipos médicos sean utilizados conforme a las especificaciones del fabricante, evitando prácticas inadecuadas que puedan afectar su funcionamiento o comprometer la seguridad del paciente.



**Figura 4.3.1a.** Foto de capacitación de MBCA dada en el Hospital Ángeles Pedregal.

#### - 4.3.2. Demos a clientes potenciales

Las demostraciones representan una herramienta estratégica para mostrar el desempeño real de los equipos médicos a clientes potenciales. Este tipo de actividades se organiza, en la mayoría de los casos, previo a la adquisición del equipo, con la intención de que el personal clínico y administrativo evalúe directamente su funcionamiento y beneficios.

Durante una demo, se destacan las funciones diferenciadoras del equipo, su facilidad de uso, la precisión en las mediciones o terapias, y el impacto positivo en la atención al paciente. Además, se suelen comparar las ventajas frente a otros equipos en el mercado, lo que permite al cliente tomar una decisión informada basada en evidencia práctica.

Las demos pueden realizarse de forma presencial en hospitales o clínicas, trasladando el equipo para que sea probado en el entorno real, o en showrooms especializados, donde se concentran diferentes modelos y se simula su uso en condiciones controladas.

El objetivo principal de estas demostraciones no solo es impulsar la venta, sino también transmitir confianza al cliente mediante la experiencia directa. Asimismo, permiten identificar dudas o áreas de mejora en el proceso de capacitación posterior, ya que durante la demo es frecuente que surjan preguntas técnicas y operativas que enriquecen la futura implementación.



**Figura 4.3.2a.** Demostración de báscula de bioimpedancia móvil S525.

#### **4.4. Ventas de equipo médico**

La venta de equipo médico es un proceso que va más allá de concretar una transacción. Implica construir relaciones de confianza con clientes potenciales, comprender a fondo sus necesidades y ofrecer soluciones que aseguren no solo la adquisición del producto, sino también su correcta implementación y funcionamiento a largo plazo. En este sentido, resulta esencial implementar estrategias de ventas efectivas, así como mantener un seguimiento y postventa que fortalezcan la relación comercial y consoliden la lealtad del cliente.

##### **- 4.4.1. Estrategias de ventas**

Una de las principales estrategias consiste en identificar y segmentar a los clientes según su perfil: distribuidores, hospitales o clientes finales (como médicos particulares). Esto permite diseñar un acercamiento más personalizado y enfocado en las necesidades específicas de cada uno.

Asimismo, es fundamental conocer y comunicar los beneficios diferenciales de la empresa, que incluyen no solo la venta del equipo, sino también servicios de valor agregado como capacitaciones al personal de salud, demostraciones (demos), programas de mantenimiento preventivo y correctivo, soporte técnico especializado, gestión de paquetería y atención personalizada.

El acercamiento inicial con los prospectos suele realizarse mediante visitas presenciales, entrega de folletos y presentaciones directas, lo que permite generar confianza y dar a conocer los servicios o equipos que la empresa ofrece. Para lograr un impacto positivo en estas interacciones, resultan indispensables las habilidades blandas: amabilidad, comunicación efectiva, empatía, disposición y resiliencia frente a los desafíos propios del proceso de ventas.

En hospitales u organizaciones de mayor escala, se busca concretar citas formales para presentar propuestas detalladas o cotizaciones que pueden abarcar desde servicios específicos hasta la atención integral de grandes cantidades de equipos médicos.

##### **- 4.4.2. Seguimiento y postventa**

Una vez entregada la propuesta o cotización, el proceso de seguimiento resulta clave. Este se realiza normalmente a través de llamadas o mensajes una semana después de la entrega, con el fin de conocer la opinión del prospecto, resolver dudas y reforzar la confianza en la empresa.

Posteriormente, en la etapa postventa, se establecen contactos periódicos con los clientes —por ejemplo, un mes después de la compra o del servicio— mediante mensajes de cortesía y recordatorios. Estos contactos cumplen una doble función: mantener la cercanía con el cliente y posicionar nuevamente a la empresa en su mente para futuras necesidades.

La postventa no solo es un gesto de atención al cliente, sino también una herramienta estratégica para identificar nuevas oportunidades de negocio, consolidar la satisfacción del usuario y fomentar recomendaciones que amplíen la red de clientes.

Finalmente, la venta en este sector exige resiliencia y perseverancia, ya que los procesos suelen ser largos y requieren paciencia. La capacidad de no frustrarse ante un “no inmediato”, mantener el profesionalismo y dar seguimiento constante son cualidades que permiten construir relaciones comerciales duraderas y exitosas.

## **5. Metodología de trabajo**

La metodología de trabajo implementada en el área de servicio técnico de equipo médico se basa en procedimientos estandarizados, protocolos de seguridad y calidad, así como en el uso de herramientas y software especializados. Este enfoque garantiza que cada intervención, ya sea de mantenimiento preventivo, correctivo o instalación, se realice bajo los más altos estándares de eficiencia, seguridad y trazabilidad.

### **5.1. Procedimientos de servicio técnico**

Los procedimientos de servicio técnico inician con la recepción del equipo y la apertura de la orden de servicio, en donde se registran los datos esenciales: cliente, equipo, marca, modelo, número de serie y falla reportada. Posteriormente, se procede con una inspección física y pruebas de funcionamiento iniciales para identificar el estado del equipo.

En el caso de mantenimiento preventivo, las actividades incluyen limpieza interna y externa, verificación de calibraciones, pruebas de alarmas, inspección de componentes mecánicos y electrónicos, así como la confirmación de que el equipo opera dentro de los parámetros establecidos por el fabricante. En el mantenimiento correctivo, se aplican protocolos de diagnóstico para localizar la falla y, en caso necesario, se procede con la sustitución de refacciones, ajustes mecánicos o reprogramaciones electrónicas. Una vez reparado, el equipo se somete a pruebas finales de verificación.

Finalmente, se documenta todo el proceso en el reporte técnico, especificando pruebas realizadas, hallazgos, refacciones utilizadas y el estado final del equipo.

## **5.2. Protocolos de seguridad y control de calidad**

La seguridad del personal técnico y del usuario final es una prioridad en cada intervención. Por ello, se aplican protocolos como:

- Desconexión del equipo de la red eléctrica antes de iniciar cualquier procedimiento.
- Uso de equipo de protección personal (EPP): guantes, bata, lentes de seguridad y, en caso de exposición a fluidos biológicos, mascarillas y cubrebocas.
- Cumplimiento de normas oficiales y guías de fabricantes en cuanto a calibración y pruebas de funcionamiento.
- Implementación de un control de calidad interno, que incluye la verificación cruzada de los parámetros obtenidos con valores de referencia.
- Registro de evidencias mediante fotografías, hojas de servicio y formatos de control que permiten la trazabilidad de cada mantenimiento.

Estos protocolos no solo aseguran la integridad del ingeniero biomédico, sino también la confiabilidad del equipo médico para el uso clínico, reduciendo riesgos de falla durante la atención al paciente.

## **5.3. Herramientas y software utilizado**

Para garantizar la correcta ejecución de los mantenimientos preventivos y correctivos en equipo médico, se emplea un conjunto de herramientas de precisión, equipos de calibración y software especializado. Estas herramientas permiten cumplir con los estándares de fabricantes y normativas vigentes, asegurando resultados confiables y reproducibles.

Software especializado

- SECA Serva y SECA Service: programas específicos para la calibración, diagnóstico y servicio de las básculas de la línea SECA.
- Service Tool Welch Allyn: utilizado en monitores Connex Spot para verificación de parámetros, diagnóstico electrónico y actualización de firmware.
- Software PST-500 y PST-300: aplicados en mesas de cirugía para diagnóstico, configuración y calibración.

- Accela LI900BX Tool: software especializado para camas hospitalarias de la línea Accela, que permite ajuste de parámetros, diagnóstico de fallas electrónicas y pruebas funcionales.

#### Herramientas de calibración y verificación

- Masas patrón: para calibración de básculas y balanzas clínicas.
- Patrón de calibración de estadímetro ultrasónico: verificación de precisión en medición de altura.
- Kit de verificación de temperatura para Connex Spot: garantiza la exactitud en los módulos de temperatura de monitores de signos vitales.
- Kit de calibración y verificación de bioimpedancia: utilizado en analizadores de composición corporal (Figura B.7.).
- Manómetros calibrados: para pruebas de presión en equipos médicos neumáticos.
- Simuladores biomédicos:
  - Simuladores de presión arterial no invasiva (NIBP). (Figura B.8.)
  - Simuladores de oxímetros de pulso (SpO<sub>2</sub>) (Figura B.9.).
  - Simuladores de temperatura.
  - Simuladores de ECG (Figura B.10.).
  - Simulador de marcapasos.
- Analizador de descargas: para pruebas en desfibriladores y equipos de alta energía.

#### Herramientas manuales y de taller

- Llaves Allen, Torx, matracas, kits de desarmadores y kits de limpieza.
- Multímetros digitales para diagnóstico eléctrico y electrónico.
- Cautín y taladro para trabajos de reparación.
- Jack stands y gato hidráulico: empleados en el servicio a camas hospitalarias y mesas quirúrgicas.

- Volúmenes constantes: usados en verificaciones específicas de flujo y calibraciones.

#### Equipo de seguridad y protección

- Guantes dieléctricos y de protección general.
- Botas de seguridad para áreas hospitalarias y de taller.
- Pulseras antiestáticas para manipulación de tarjetas electrónicas y componentes sensibles.

## **6. Resultados y Logros**

El trabajo realizado en el ámbito de servicio técnico y comercial ha generado resultados que impactan directamente en la confiabilidad de los equipos médicos y en la seguridad de los pacientes. Los logros alcanzados reflejan tanto el compromiso con la excelencia técnica como la capacidad de respuesta ante las necesidades de instituciones públicas y privadas de gran relevancia.

### **6.1. Impacto en la operatividad hospitalaria**

- Continuidad en los servicios hospitalarios, al reducirse los tiempos de inactividad de equipos críticos como camas eléctricas, monitores multiparámetro y concentradores de oxígeno.
- Seguridad clínica reforzada, gracias a calibraciones y verificaciones precisas en básculas, esfigmomanómetros y equipos de diagnóstico, que aseguran la confiabilidad de los parámetros medidos.
- Capacitación al personal de salud, que permitió un uso más adecuado de los equipos, disminuyendo riesgos de fallas por mal manejo y prolongando su vida útil.
- Estandarización de procedimientos de servicio técnico, aplicando protocolos de mantenimiento alineados con las recomendaciones de cada fabricante.

### **6.2. Casos relevantes**

- Instituto Nacional de Cancerología (INCAN): se realizó un proyecto de gran escala que abarcó más de 240 camas hospitalarias Hillrom (HR900, HR1000 y Progressa), incluyendo diagnóstico, reemplazo de motores, ajustes electrónicos y pruebas funcionales. Este caso reflejó la capacidad de organización y trabajo en equipo para cumplir con los requerimientos de una institución de alta especialidad.

- Cámara de Diputados: se ejecutaron mantenimientos preventivos y correctivos a distintos equipos médicos, entre ellos básculas con estadímetro, baumanómetros empotrables y de pedestal (Tycos y Welch Allyn), estuches de diagnóstico, laringoscopios y oxímetros digitales. Este proyecto destacó por la diversidad tecnológica atendida y la importancia de asegurar la disponibilidad de equipos en una institución gubernamental de gran relevancia.

## **7. Conclusiones y recomendaciones**

El desarrollo de las actividades profesionales en el ámbito de la Ingeniería en Sistemas Biomédicos permitió evidenciar la importancia de integrar conocimientos técnicos, habilidades prácticas y competencias de gestión en el mantenimiento, calibración y comercialización de equipos médicos. La experiencia adquirida mostró cómo la correcta aplicación de protocolos estandarizados, el uso de herramientas especializadas y el apego a la normatividad vigente garantizan la seguridad del paciente, la continuidad operativa hospitalaria y la confiabilidad diagnóstica.

Uno de los principales logros fue la participación en proyectos de gran escala, como el servicio a más de 240 camas eléctricas en el Instituto Nacional de Cancerología y la intervención en la Cámara de Diputados, donde se atendió una amplia diversidad de dispositivos médicos. Estos casos no solo reforzaron la capacidad técnica, sino también la habilidad para trabajar en equipo, organizar proyectos complejos y mantener comunicación efectiva con usuarios y clientes.

En el ámbito de la capacitación y la comercialización de equipos, se demostró que el ingeniero biomédico cumple un rol clave como puente entre la tecnología y el personal de salud, garantizando el uso adecuado de los dispositivos y aportando valor agregado a las instituciones. La combinación de habilidades técnicas y blandas resultó esencial para consolidar relaciones de confianza y asegurar la satisfacción de los clientes.

### **Recomendaciones:**

- Mantener la actualización constante en normatividad, software y herramientas de servicio, dado el rápido avance tecnológico en dispositivos médicos.
- Fortalecer las competencias en gestión de proyectos y liderazgo de equipos multidisciplinarios, especialmente en intervenciones de gran escala.
- Impulsar la capacitación continua del personal de salud como parte integral del servicio, asegurando un uso seguro y prolongado de los equipos.

- Promover la cultura de mantenimiento preventivo en instituciones hospitalarias, con el fin de reducir costos, prevenir fallas críticas y garantizar la seguridad del paciente.
- Seguir potenciando las estrategias de ventas, seguimiento y postventa, reconociendo que la ingeniería biomédica no solo aporta en el plano técnico, sino también en la generación de confianza y valor en el sector salud.

En conclusión, la experiencia profesional documentada confirma que la Ingeniería en Sistemas Biomédicos es una disciplina esencial para el fortalecimiento del sistema de salud, ya que vincula el conocimiento científico y tecnológico con la práctica clínica y administrativa, contribuyendo directamente a mejorar la calidad de la atención médica en México.

## 8. Referencias

- [1] Secretaría de Salud. *NORMA Oficial Mexicana NOM-240-SSA1-2012, Instalación y operación de la tecnovigilancia de equipos médicos*. México: DOF, 30 de octubre de 2012. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512084/NOM-240-SSA1-2012.pdf>
- [2] Secretaría de Salud. *NORMA Oficial Mexicana NOM-016-SSA3-2012, Que establece las características mínimas de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada*. México: DOF, 8 de enero de 2013. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512104/NOM-016-SSA3-2012.pdf>
- [3] Secretaría de Salud. *NORMA Oficial Mexicana NOM-137-SSA1-2008, Requisitos y procedimientos para el etiquetado de dispositivos médicos en el país*. México: DOF, 12 de diciembre de 2008 (entrada en vigor 10 de febrero de 2009). Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3570/SALUD13\\_C/SALUD13\\_C.htm](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3570/SALUD13_C/SALUD13_C.htm)
- [4] International Organization for Standardization, *ISO 13485:2016 — Medical devices — Quality management systems — Requirements for regulatory purposes*. Ginebra: ISO, 2016. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/59752.html>
- [5] International Organization for Standardization, *ISO 14971:2019 — Medical devices — Application of risk management to medical devices*. Ginebra: ISO, 2019. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/72704.html>
- [6] International Electrotechnical Commission, *IEC 62353:2014 — Medical electrical equipment — Recurrent test and test after repair of medical electrical equipment*. Ginebra: IEC, 2014. Disponible en: <https://webstore.iec.ch/publication/810>
- [7] Quality MS, "Nosotros," Quality Medical Service. [En línea]. Disponible en: <https://www.qualityms.com.mx/nosotros>. [Accedido: 8-Sep-2025].
- [8] Notch Consulting, "Electrocardiograma y sus 12 derivaciones," Blog Notch Consulting, [En línea]. Disponible en: <https://notchconsulting.blog/mx/electrocardiograma-y-sus-12-derivaciones.html>. [Accedido: 8-Sep-2025].
- [9] Organización Mundial de la Salud, *Medical device technical series: Medical equipment maintenance programme overview*. Ginebra: OMS, 2011.
- [10] Hillrom, *Bed Maintenance and Service Manual: Progressa™ and Hillrom 900/1000 Beds*. Batesville, IN: Hillrom Services, 2020.

[11] Welch Allyn, *Connex® Spot Monitor Service Tool User Manual*. Skaneateles Falls, NY: Welch Allyn Inc., 2019.

[12] SECA, *Service Software Guide for SECA mBCA and scales*. Hamburgo: SECA GmbH & Co., 2021.

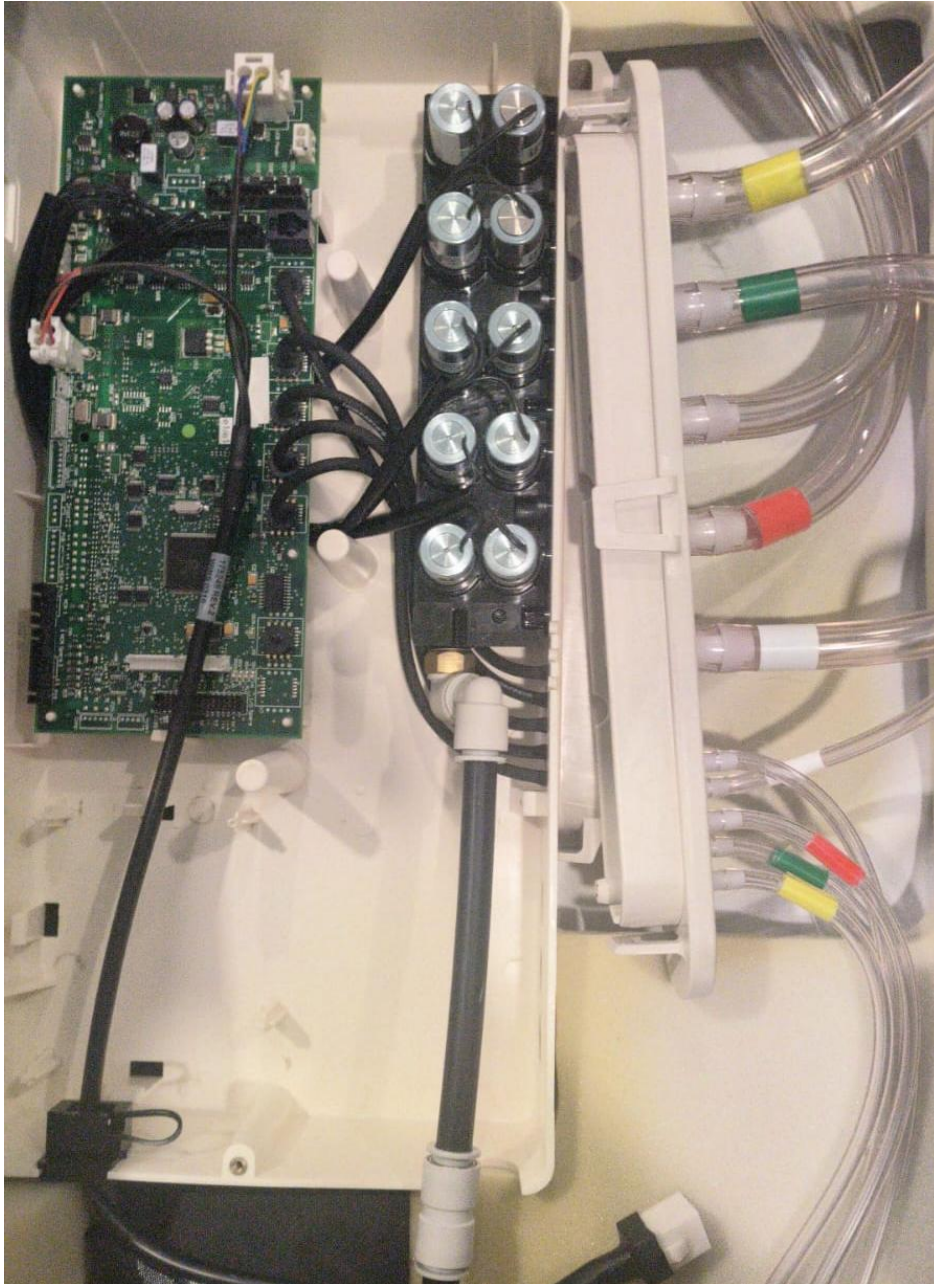
[13] International Electrotechnical Commission, *IEC 60601-1: Medical Electrical Equipment – General Requirements for Basic Safety and Essential Performance*. Ginebra: IEC, 2012.

[14] Secretaría de Salud. *Norma Oficial Mexicana NOM-064-SSA1-1993, Que establece las especificaciones sanitarias de los equipos de reactivos utilizados para diagnóstico*. México: DOF, 15 de abril de 1994. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-064-ssa1-1993/>

## 9. Anexos

### Anexo A. Evidencia fotográfica de mantenimiento preventivo y correctivo.

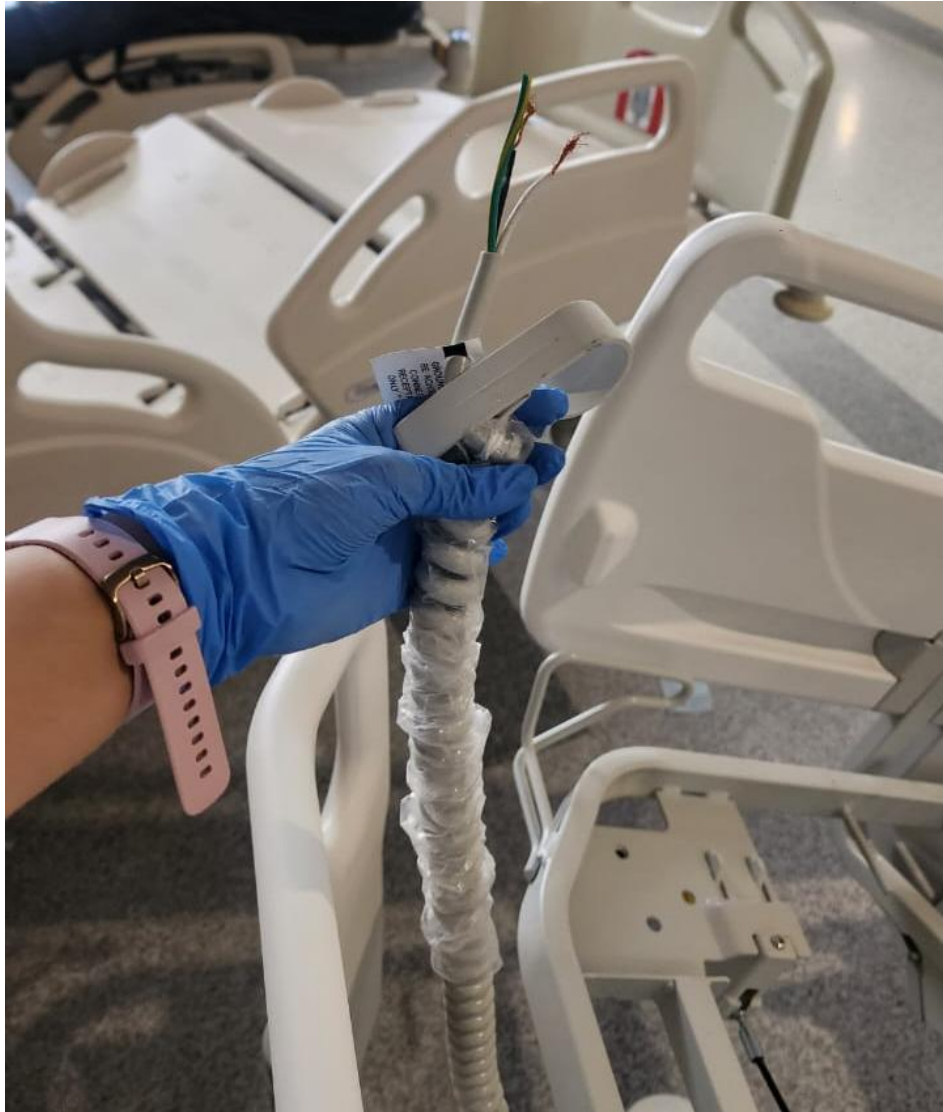
#### A.1. Camas eléctricas Hillrom (apartado 4.1.1)



**Figura A.1.1.** Tarjeta de control conectada a las válvulas de una cama Hillrom Progressa Pulmonary. Este módulo regula el inflado del colchón terapéutico; en este caso se accedió para diagnosticar una falla en la terapia de presión alterna.



**Figura A.1.2.** Ejemplo de mantenimiento correctivo en barandal de cabecera de cama Hillrom. La falla fue causada por un cable con rupturas internas que impedía el control de movimientos. Para optimizar recursos, se sustituyó únicamente el cable en lugar de reemplazar todo el barandal.



**Figura A.1.3.** Cable de cama eléctrica de hospitalización HR900 roto por personal del Hospital.

## A.2. Básculas de la línea SECA (apartado 4.1.2)



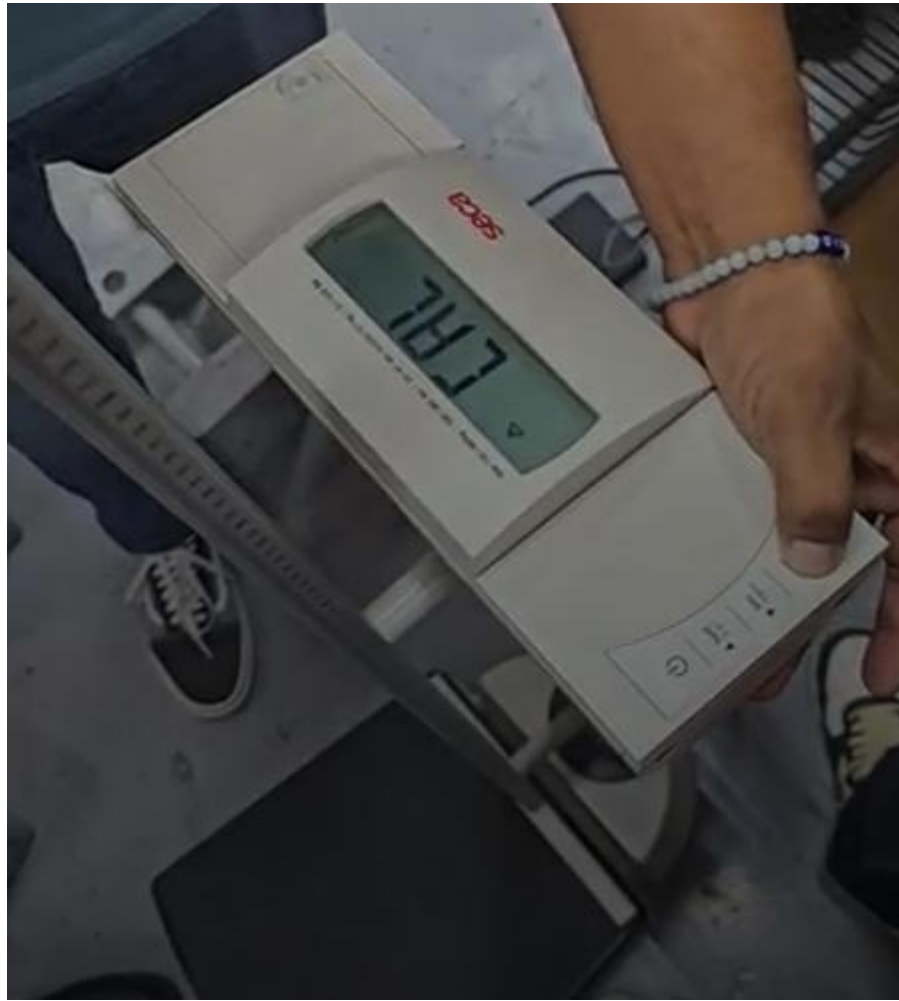
**Figura A.2.1.** Báscula pesa bebés SECA, utilizada para el monitoreo preciso del peso neonatal.



**Figura A.2.2.** Báscula SECA para adultos sencilla, sin estadímetro; en este tipo de equipos no resulta costeable reemplazar celdas debido a su bajo valor comercial.

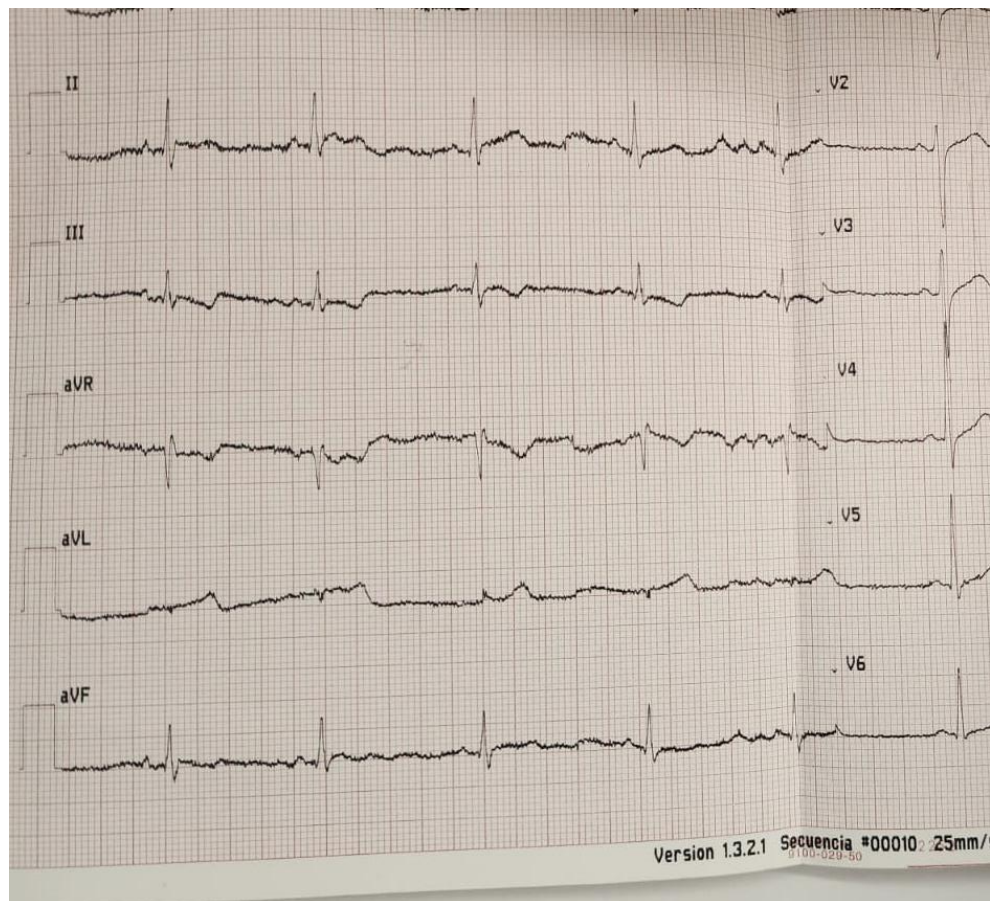


**Figura A.2.3.** Báscula SECA 769, una de las básculas más comunes, que incluye estadímetro.

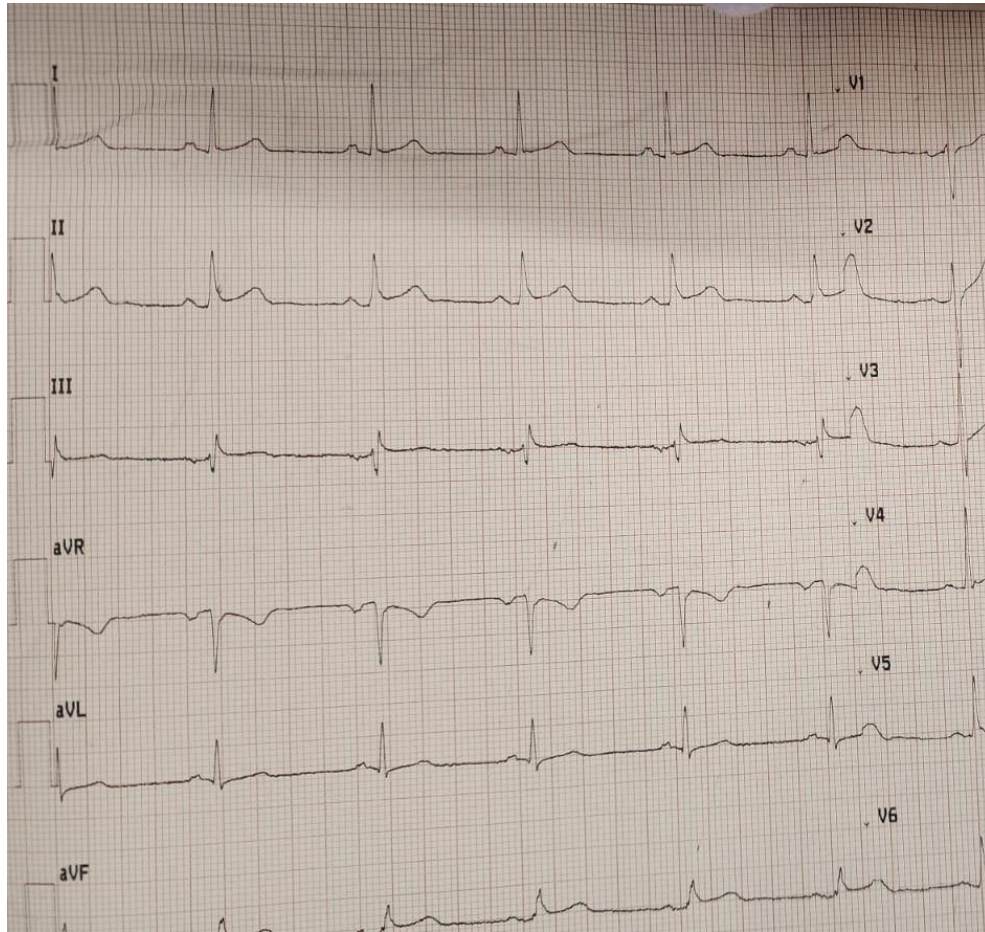


**Figura A.2.4.** Báscula que requiere calibración interna (con juego de botones)

### A.3. Electrocardiogramas (apartado 4.1.3)

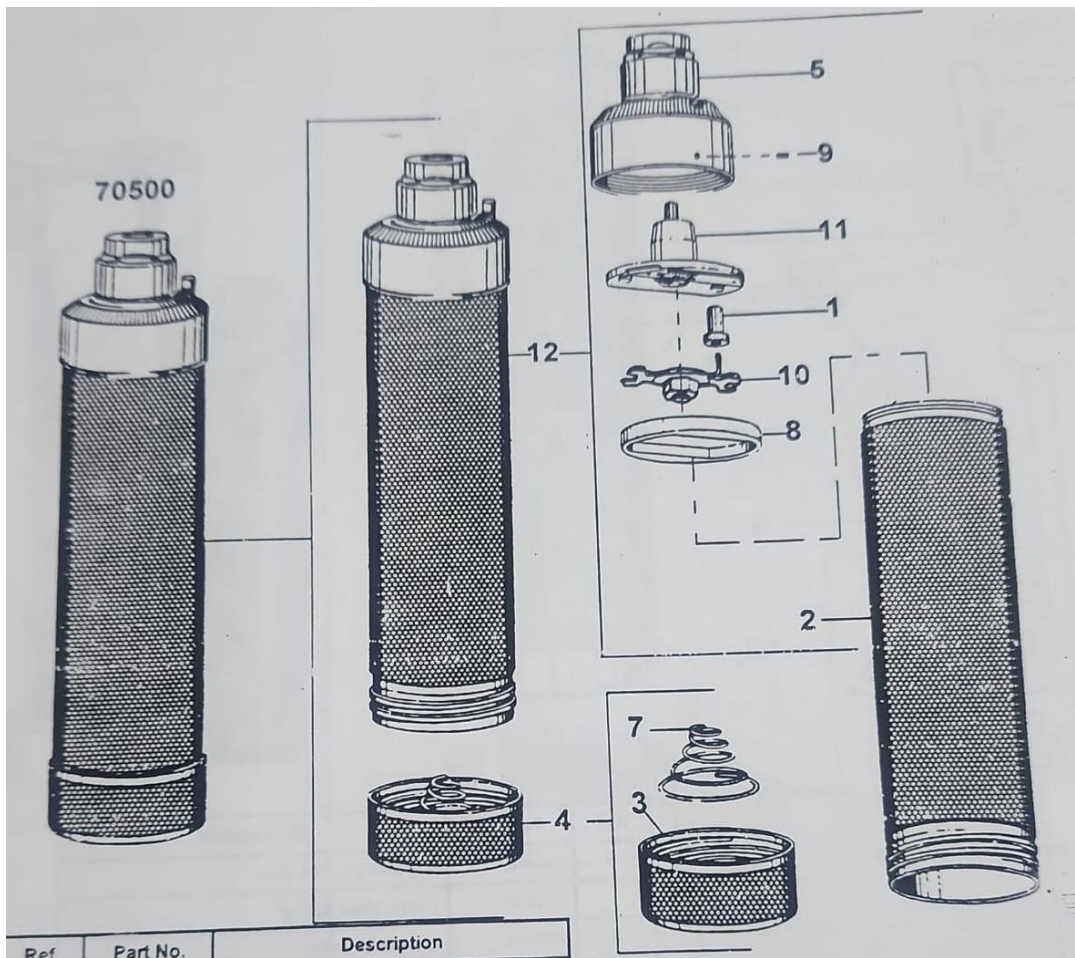


**Figura A.3.1.** Registro impreso con ruido en la señal, indicativo de fallas técnicas que pueden comprometer el diagnóstico.

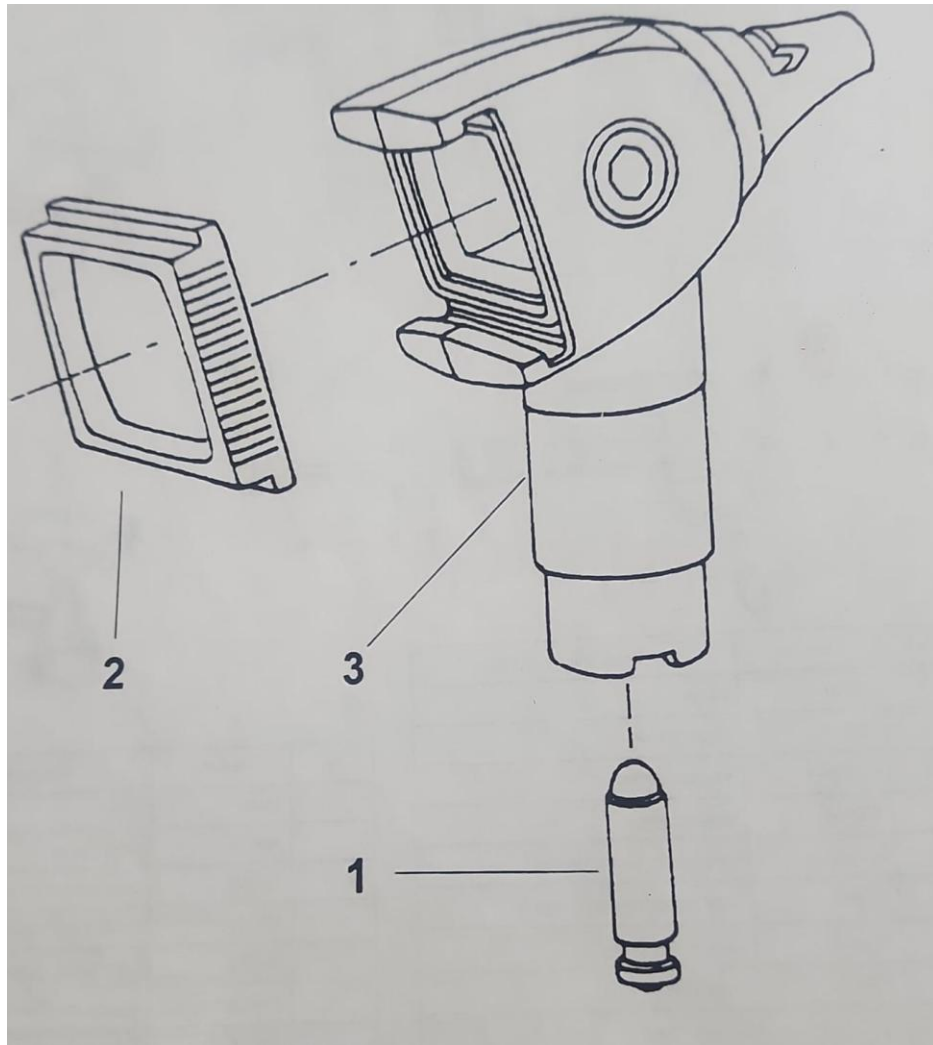


**Figura A.3.2.** Registro impreso sin ruido, correspondiente a una señal limpia. Este tipo de trazado es el esperado para un diagnóstico fiable y oportuno.

#### A.4. Estuches de diagnóstico (apartado 4.1.4).

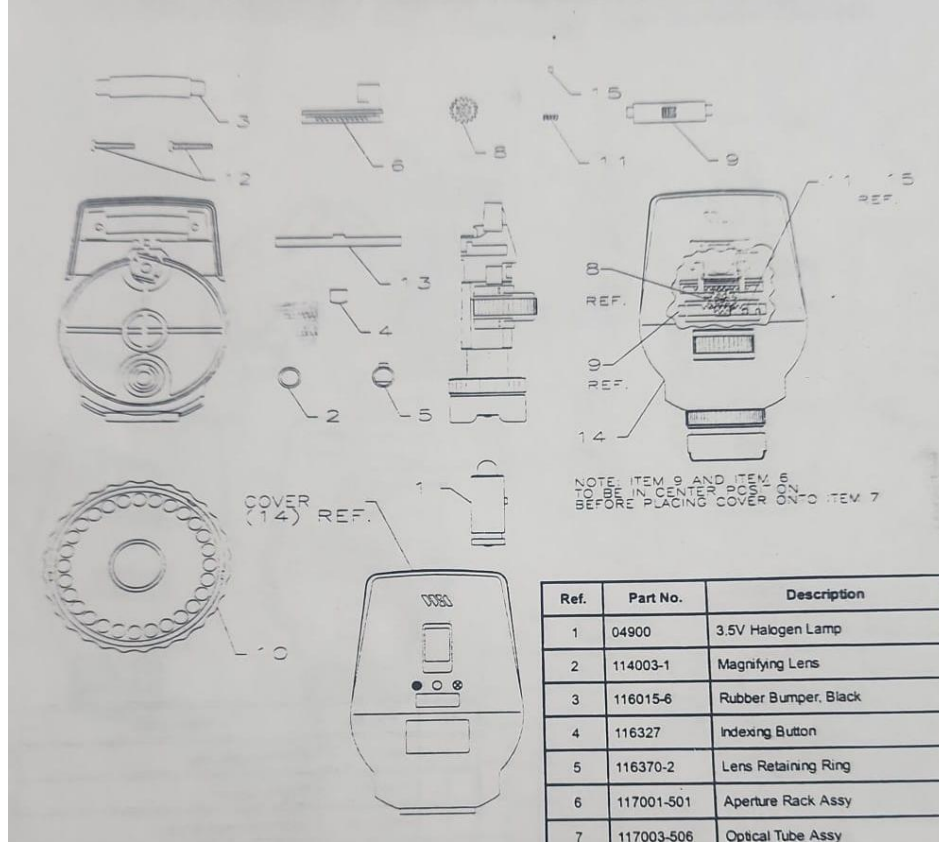


**Figura A.4.1.** Diagrama del mango de un estuche de diagnóstico y despiece interno.



**Figura A.4.2.** Despiece del otoscopio en partes, evidenciando la fragilidad y tamaño reducido de los componentes.

**No. 11720 3.5V Coaxial Sealed Ophthalmoscope**



**Figura A.4.3.** Despiece del oftalmoscopio, en el que se aprecian múltiples piezas pequeñas (lentes, engranajes y resortes), cuya manipulación indebida podría comprometer el funcionamiento del equipo.

#### A.5. Mesas de exploración (apartado 4.1.5.)

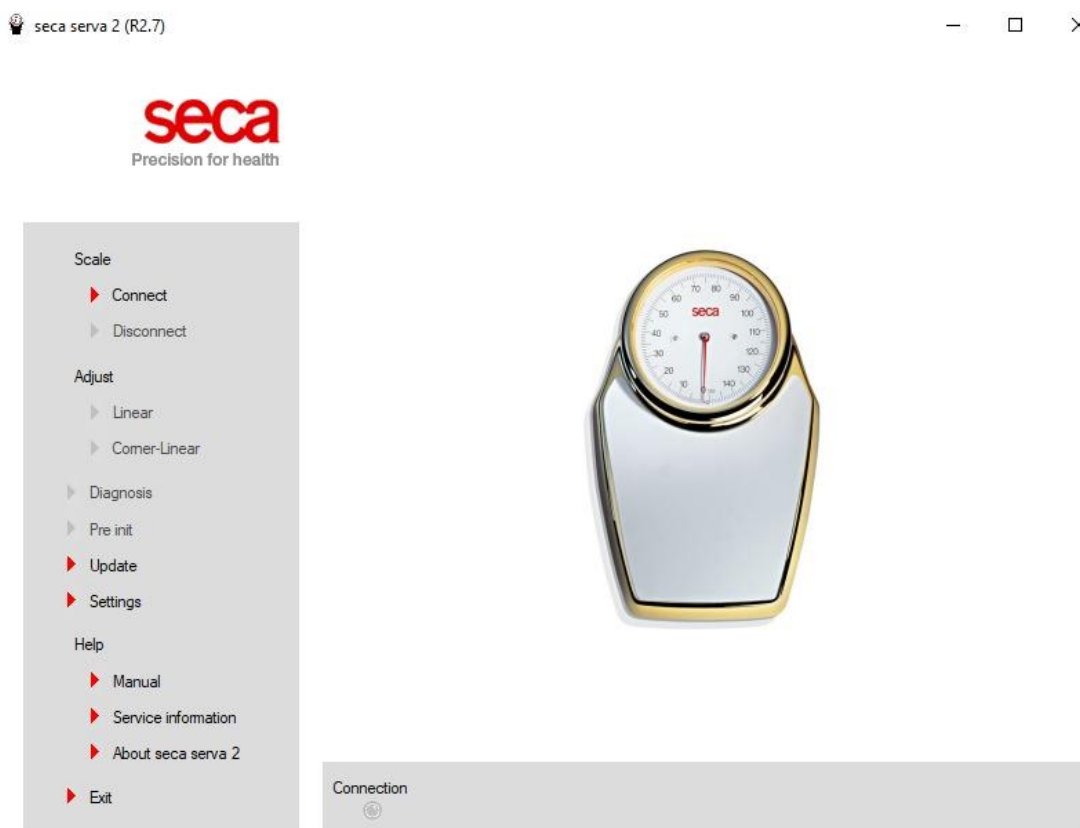


**Figura A.5.1.** Vista general de la mesa de exploración Knight Biltmore abierta, evidenciando la disposición de sus componentes internos.

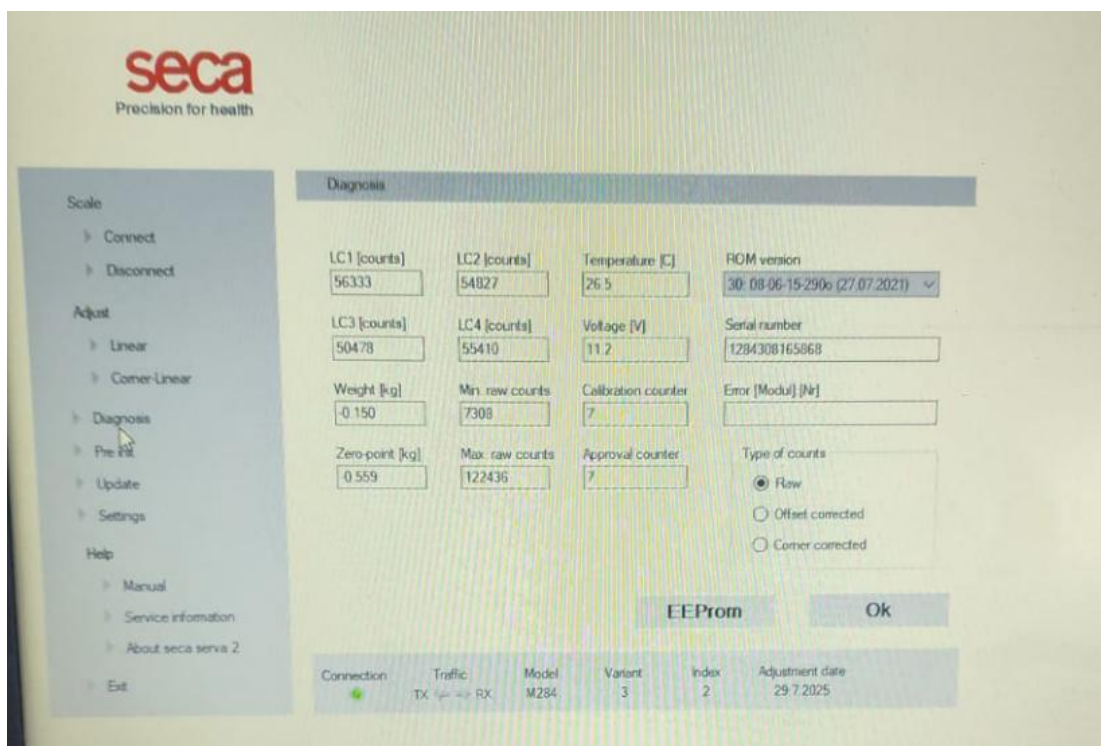


**Figura A.5.2.** Diagnóstico biomédico en una mesa de exploración Knight Biltmore, procedimiento inicial para identificar fallas en sus sistemas eléctricos y mecánicos.

## Anexo B. Evidencia fotográfica de formatos de servicio y calibración.



**Figura B.1.** Software SECA SERVA 2 (R2.7) para calibración de básculas de la línea SECA. [12]



**Figura B.2.** Diagnóstico de las celdas a través del software SECA SERVA.

ORDEN DE SERVICIO	
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">FOLIO</div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; display: inline-block; vertical-align: middle;"></div>	
Cliente: _____	Fecha: _____
Contacto: _____	Teléfono: _____
Equipo: _____ Marca: _____ Modelo: _____ N. Serie: _____ Ubicación: _____ Falla reportada: _____	Tipo de servicio: <input type="checkbox"/> Instalación <input type="checkbox"/> Capacitación <input type="checkbox"/> Mtto. Preventivo <input type="checkbox"/> Mtto. Correctivo
<div style="background-color: #003366; color: white; text-align: center; padding: 2px;">Descripción del estado del dispositivo; Códigos de error y/o evidencias de fallo identificadas</div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; margin-top: 5px;"></div>	
<div style="background-color: #003366; color: white; text-align: center; padding: 2px;">Actividades a realizar; incluidas las mediciones y/o recomendaciones</div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; margin-top: 5px;"></div>	
<div style="background-color: #003366; color: white; text-align: center; padding: 2px;">Material Utilizado</div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="background-color: #003366; color: white; text-align: center; padding: 2px;">Observaciones:</div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; margin-top: 5px;"></div>
<div style="background-color: #003366; color: white; text-align: center; padding: 2px;">Conclusiones / Diagnóstico</div> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; margin-top: 5px;"></div>	
<div style="background-color: #003366; color: white; text-align: center; padding: 2px;">Siguiete Mantenimiento:</div> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; margin-top: 5px;"></div>	<div style="border-top: 1px solid black; width: 150px; margin-top: 10px;"></div> <div style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 5px;">Nombre y firma del Ing. que realiza</div>
	<div style="border-top: 1px solid black; width: 150px; margin-top: 10px;"></div> <div style="text-align: center; font-size: small; margin-top: 5px;">Nombre y firma de quien recibe</div>

**Figura B.3.** Orden de Servicio Quality Medical Service.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PRUEBA DE ESFUERZO			
<b>ID:</b> <b>MARCA:</b> <b>MODELO:</b> <b>NS:</b> <b>UBICACIÓN:</b>	<b>FOLIO:</b>		
	<b>FECHA:</b>		<b>HORA:</b>
	<b>PERSONAL QUE REALIZA:</b>		
	<b>CARGO:</b>		
	<b>TEL:</b>		

El llenado de este formato es obligatorio y responsabilidad del ingeniero de servicio quien realiza el mantenimiento; debe realizarse de forma clara y ordenada.

SISTEMA DE EJECUCIÓN DE PRUEBA: CAMINADORA  ERGOMETRO  CICLOERGOMETRO

Prueba	Bien	Fallo	N/A	Prueba	Bien	Fallo	N/A
Inspección física del equipo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación continuidad de latiguillos ECG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inspección física de los accesorios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación continuidad sensor SpO <sub>2</sub>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inspección física de los puertos y conectores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación de sistema de PANI	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Encendido de la banda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Despliegue de parámetros en pantalla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rutina de arranque	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación de sistema de impresión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verificación gral. de Software	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación y configuración de alarmas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Observaciones:**

**VERIFICACIÓN DE SOFTWARE (indique modelo y versión)** \_\_\_\_\_

PRUEBA	NOTAS
Prueba de control	
Verificación de PC y periféricos	
Espacio de almacenamiento PC	
Impresora	
Administración de archivos	

**Figura B.4.** Mantenimiento preventivo Prueba de esfuerzo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO CONNEX VSM 6000			
ID:	FOLIO: <input type="text"/>		
MARCA:	FECHA: / /	HORA:	<input type="text"/>
MODELO:	PERSONAL QUE REALIZA:		
NS:	CARGO:		
UBICACIÓN:	TEL:		

El llenado de este formato es obligatorio y responsabilidad del ingeniero de servicio encargado de realizar el mantenimiento; deberá estar contestado de forma clara y ordenada.

PRUEBA	BIEN	FALLA	NA	PRUEBA	BIEN	FALLA	NA
Inspección física del equipo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación continuidad de cable SPO <sub>2</sub>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inspección física de los accesorios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación continuidad de cable PANII	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inspección física de los puertos y conectores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación continuidad de sensor de temperatura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Encendido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación de idioma, fecha y hora	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rutina de arranque	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Despliegue de parámetros en pantalla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verificación de batería	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación de alarmas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bien Falla N/A	Observaciones:
Limpeza interna	
Limpeza externa	

Utilice un simulador de PSNI y de SPO<sub>2</sub> para realizar la medición de una presión arterial y saturación conocida. Verifique los siguientes puntos.

PUNTO	DESCRIPCIÓN	VP	RESULTADO
A	Verifique que la precisión de transductores sea igual en todo el rango de presión con el valor prueba (VP) del simulador (mmHg).		
B	Verifique las válvulas de descarga.		
C	Verifique el funcionamiento de la bomba neumática.		
D	Verifique el control del sistema de válvulas.		
E	Verifique los límites de las válvulas.		

MANTENIMIENTO PREVENTIVO CONNEX VSM 6000			
F	Verifique el funcionamiento del módulo SPO <sub>2</sub> y que el valor sea igual en todo el rango de saturación con el valor prueba (VP) del simulador (%).		
G	Verifique el funcionamiento del interruptor de detección de sonda de temperatura.		
H	Verifique el funcionamiento del módulo de temperatura y que el valor sea igual al valor de prueba (VP) de la llave de calibración.		

Observaciones:

EQUIPO UTILIZADO	CONSUMIBLES UTILIZADOS
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nombre y firma del personal que realizó	Nombre y firma del personal que recibe

**Figura B.5.** Mantenimiento Preventivo Connex VSM 6000.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELECTROCARDIOGRAFO			
ID:	FOLIO: <input type="text"/>		
MARCA:	FECHA: / /	HORA: <input type="text"/>	
MODELO:	PERSONAL QUE REALIZA:		
NS:	CARGO:		
UBICACION:	TEL:		

El llenado de este formato es obligatorio y responsabilidad del ingeniero de servicio quien realiza el mantenimiento; debe realizarse de forma clara y ordenada.

Prueba	Bien	Fallo	N/A	Prueba	Bien	Fallo	N/A
Inspección física del equipo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación continuidad de latiguillos ECG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inspección física de los accesorios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación continuidad sensor Espirometria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inspección física de los puertos y conectores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación de idioma, fecha y hora	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Encendido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Despliegue de parámetros en pantalla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rutina de arranque	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Verificación de alarmas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verificación de batería	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Configuración de alarmas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Bien	Fallo	N/A	Observaciones:
Limpieza interna	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Limpieza externa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Utilice un simulador de ECG para hacer una impresión de un ECG de 12 derivaciones de amplitud y frecuencia conocida. Verifique los siguientes puntos.

Punto	Descripción	Obtenido
A	Verifique que la distancia del arco en el círculo desde el borde superior del papel sea de 11 mm +/- 3 mm	
B	Verifique que la distancia del arco en el círculo desde el borde izquierdo del papel sea de 50 mm +/- 5 mm	
C	Verifique que la línea sea recta y sin interrupciones de arriba a abajo	
D	Verifique que la línea negra gruesa sea uniforme en negrura sin interrupciones de arriba a abajo	
E	Verifique que la impresión sea legible	
F	Verifique que la línea sea recta y mida 100 mm +/- 5 mm	

Favor de adjuntar la prueba de impresión realizada.

Rectifique las siguientes indicaciones de funcionamiento adecuado:

Prueba	Bien	Fallo	N/A
La impresión es oscura y uniforme en toda la página.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sin indicios de imperfección en los puntos del cabezal de la impresora	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Durante la impresión, el papel térmico se desplazó de forma uniforme y suave.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las curvas no tienen distorsión o ruido excesivo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La amplitud y la frecuencia de las curvas coincide con el valor de entrada del simulador de ECG.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El papel térmico plegado en Z se detiene con las perforaciones cerca de la hoja de corte. Correcto funcionamiento del sensor.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observaciones:

EQUIPO UTILIZADO	CONSUMIBLES UTILIZADOS
<div style="border: 1px solid black; height: 40px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; height: 40px;"></div>

Nombre y firma del personal que realizó	Nombre y firma del personal que recibe
---	--

Figura B.6. Mantenimiento preventivo electrocardiógrafo.



**Figura B.7.** Kit de calibración de básculas de SECA.



**Figura B.8.** Simulador de presión arterial no invasiva (NIBP) y ECG.




**Figura B.9.** Simulador de oxímetro de pulso.



**Figura B.10.** Simulador de ECG.

## Anexo C. Certificados y evidencias de capacitación.



**NOTA DE SALIDA**

Göttingen Metrología

Salida N°: NS-029  
 Fecha: 07-mar-25  
 Entrada N°: P-028  
 Referencia: Ctr. 1425 OC-102 Y 1740  
 DE: 028 Cmts: 042 F. 1012 Y 1013


CIENTE: Quality Medical Service S.A. de C.V.  
 DIRECCIÓN: Bajío No. 287 Piso 2, Roma Sur, Cuahutémoc, Ciudad de México, C.P. 06760  
 TELÉFONO: --  
 CONTACTO: Hugo López  
 CONCEPTO DE SALIDA: Equipo calibrado  
 TIPO DE CARGO: Calibración

PARTE	CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	ID	VALOR VACUOS	PRECIO LINEARIO	IMPORTE	Nombre del Cliente
1	19	Pesas Paralelepipedas	Provimex Cientifica	PVE-SKM1, PVE-10KM1, PVE-20KM1	800262 al 800265, 802021, 802022, 802254 a 802266	1 a 19	--	\$ 450.00	\$ 8 550.00	GME.MP-062/2025 Certificado Digital y Etiqueta en fisico

Isaias Ceballos López

Q. Zoar Gutiérrez

Q. Zoar Gutiérrez



**Figura C.4.2.1a.** Certificado de calibración de masas patrón parte 1.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Hoja 1 de 2

**Laboratorio de Metrología  
Magnitud Masa**

Laboratorio de Calibración acreditado por ema, s.c. con acreditación No. M-117

**No. de Certificado:**  
*Report number*

GME.MP-062/2025

ref: P-028  
OT: 028**Cliente:**  
*Customer name*

QUALITY MEDICAL SERVICES S.A. DE C.V.

**Contacto:**  
*Contact person*

Hugo López

**Dirección:**  
*Address*

Calle Bajío No. 287, Col. Roma Sur, Cuahutémoc, Ciudad de México, C.P. 06760.

**Descripción del instrumento:**  
*Instrument description*

Pesas paralelepípedas en fundición gris, de 5 kg a 20 kg ( 19 piezas ) en clase M1

Marca : Provimex Científica , Modelo : PVE-5KM1, PVE-10KM1, PVE-20KM1, Serie : B00262 al B00265, B02021, B02022, B02254 al B02266  
Identificado como : Ver hoja dos**Magnitud evaluada:**  
*Evaluated quantity*

Masa convencional

**Patrón utilizado:**  
*Standard*

Patrón N° : PM.R13; Juego de pesas F2; Certificado de calibración : GME.MP-236/2024

**Condiciones ambientales**  
*Environmental conditions of measurement*

Temperatura	Humedad Relativa	Presión atmosférica
22,1 °C ± 0,3 °C	38 % ± 2 %	780 hPa ± 1,7 hPa

**Fecha de recepción:**  
*Date of Reception*

2025-02-24

**Fecha de calibración:**  
*Date of Calibration*

2025-03-05

**Fecha de emisión**  
*Issued date*

2025-03-06

**Procedimiento utilizado**  
*Procedure*

P.T-03 (Procedimiento para la calibración de pesas y osnn) por el método de doble sustitución

**Calibró**  
*Calibrated by*  
  
Firmado digitalmente por Luis R. Fabián G.  
**Luis R. Fabián G.**  
Calibrador**Autorizó**  
*Approved by*  
  
Firmado digitalmente por Isaías Ceballos L.  
**Isaías Ceballos L.**  
Responsable del LaboratorioGöttingen Metrología S. de R.L. de C.V.  
Perusa No. 5, Col. Lomas Estrella, Iztapalapa, C.P. 09890, CDMX  
Tel. 55 3004 4420 / 55 3004 4421 / 55 5695 5221  
göttingen74@yahoo.com.mx  
atencionacientes@göttingenmetrologia.com.mx**Figura C.4.2.1b.** Certificado de calibración de masas patrón parte 2.

No. de Certificado: **GME.MP-062/2025**

**Resultados de la calibración**

Valor Nominal	Identificación	Valor de masa convencional (1)	Incertidumbre (2)
5 kg	1	5 kg + 0,093 g	0,083 g
5 kg	2	5 kg + 0,130 g	0,083 g
5 kg	3	5 kg + 0,125 g	0,083 g
5 kg	4	5 kg + 0,138 g	0,083 g
10 kg	5	10 kg + 0,20 g	0,17 g
10 kg	6	10 kg + 0,21 g	0,17 g
20 kg	7	20 kg + 0,20 g	0,33 g
20 kg	8	20 kg + 0,32 g	0,33 g
20 kg	9	20 kg + 0,33 g	0,33 g
20 kg	10	20 kg + 0,38 g	0,33 g
20 kg	11	20 kg + 0,53 g	0,33 g
20 kg	12	20 kg + 0,26 g	0,33 g
20 kg	13	20 kg + 0,33 g	0,33 g
20 kg	14	20 kg + 0,64 g	0,33 g
20 kg	15	20 kg + 0,49 g	0,33 g
20 kg	16	20 kg + 0,32 g	0,33 g
20 kg	17	20 kg + 0,56 g	0,33 g
20 kg	18	20 kg + 0,51 g	0,33 g
20 kg	19	20 kg + 0,58 g	0,33 g

(1) **Masa convencional:** Magnitud definida en el documento internacional D-28 de la OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale).

(2) **Incertidumbre:** La incertidumbre asignada a cada peso, se calculó con base a la norma NMX-CH-1404-MNC-2002

"Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones" y es igual a 1/3 del EMI, correspondiente a la clase M1 (NOV-EV-020-SE-2020, pesas.

**Patrón(es) utilizado(s):** Patrón N°: PIVR13; Juego de pesas F2; Certificado de calibración: GME.MP-236/2024

**Instrumentos utilizados:** Balanza electrónica: Sartorius 5708, . . .

**Trazabilidad:** Al patrón Nacional de Masa, mantenido en el Centro Nacional de Metrología

**Notas:**

Es responsabilidad del usuario calibrar el instrumento en intervalos de tiempo apropiados, de acuerdo con la frecuencia de uso.

Los resultados de este certificado de calibración, respaldan solo el instrumento que se indica, bajo las condiciones especificadas y al momento de la calibración.

Este certificado de calibración será válido siempre y cuando no presente: Enmendaduras, tachaduras o alteraciones en el mismo

Prohibida la reproducción parcial de este documento sin la autorización del laboratorio, solo puede ser reproducido en su forma total.

Densidad asignada a la(s) pesa(s): (7100 ± 600) kg/m<sup>3</sup>

===== Fin del documento =====

**Figura C.4.2.1c.** Certificado de calibración de masas patrón parte 3.

**Calibration Report**

FT-ST-016\_v00

Issued By **OEM Authorized Center.- Medical IT**  
 Date of Issue **26 March 2025**  
 Facility Address :  
**Sol 2816, Col. Jardines del Bosque**  
**Guadalajara, Jal., México C.P. 44520**



Document number  
STD00332  
Page 1 of 2

Authentication seal

Approved signatory

JCM

BOV

DGB

**Customer :** Quality Medical Service  
 Bajio 287 interior 2, Col. Roma Sur  
 Alcatdia Cuauhtémoc

C.P. 06760

<b>Instrument -</b>	System ID :	ID00240	Location :	N/A
	Description :	Patient Simulator	Customer Ref. :	N/A
	Manufacturer :	Pronk	Order No. :	37550
	Model Number :	SL-8	Reception Date:	25/03/2025
	Serial Number :	10503		2020-09-03
	Procedure Version	405		

**Environmental Conditions**

Temperature : 23°C ± 2°C  
 Relative Humidity 34%RH ± 5%RH

Mains Voltage : 120V ± 12V  
 Mains Frequency 60Hz ± 1Hz

**Comments**

System nulled before measurements.  
 Procedure written to manufactures specification.  
 4 Wire kelvin connections were used for ohms measurements below 10kOhms  
 All Tests Passed calibration no adjustments were made.

Traceability Information Instrument Description	Serial Number	Certificate Number	Cal. Date	Period [Weeks]
Keysight 34461A DMM-006 Multimeter	MY59034260	523631031458648	18/12/24	52
Fluke 8846A DMM-007 Multimeter	504006	523631031458627	18/12/24	52
PicoScope DSM-003 Oscilloscope	IW978/0002	523631031570446	04/02/25	52
MSV 20300	2270	OS37339	23/01/25	52

Calibrated By : **diego.gonzalez**

Date of Calibration : **26/03/2025**

- \* MEDICAL IT certifies that this testing device has been calibrated and compiled at the time of evaluation with the performance and tolerance criteria's specifications established in the standard procedures declared by the manufacturer (OEM).
- \* Performance and compliance can be affected by different factors such as but not limited to: mishandling, abuse and/or lack of operating competence. It's the user's responsibility to confirm that their equipment is suitable for the intended purpose through its use.
- \* Approved and calibrated measurement instruments have been used in this calibration, all traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST) and/or other recognized national metrological institutes; in compliance with subsections 7.6 A) of ISO 13485:2016 and 7.1.5.2 A) of ISO9001:2015. For magnitudes that don't have an international standard, such as SpO2, the internal standards developed by the manufacturer are used in accordance with acceptance criteria.
- \* This report contains quantitative results correlated to the evaluation criteria for each test, for which the PASS status will prevail unless otherwise stated.
- \* The Test Uncertainty Ratio (TUR) remains 4:1 unless otherwise noted.
- \* The recalibration frequency recommended by the manufacturer is 1 year, based on the user manual provisions.
- \* This document shouldn't be altered or partially reproduced without the written permission of the issuer Service Center.

**Figura C.1.1. Certificado de calibración de simulador de ECG.**

**Calibration Report**

Issued By **OEM Authorized Center.- Medical IT**  
 Date of Issue **26 March 2025**  
 Facility Address :  
**Sol 2816, Col. Jardines del Bosque**  
**Guadalajara, Jal., México C.P 44520**



FT-ST-016\_v00  
 Document number  
**STD00330**  
 Page 1 of 2

*[Signature]*  
 Approved signatory

Authentication seal  
 JCM  BOV  DGB

**Customer :** Quality Medical Service  
 Bajío interior 2, Col. Roma Sur  
 Alcaldía Cuauhtémoc  
 C.P. 06760

**Instrument -** System ID : ID00238  
 Description : Patient Simulator  
 Manufacturer : Pronk  
 Model Number : SC-5  
 Serial Number : 14429  
 Procedure Version : 404  
 Location : N/A  
 Customer Ref. : N/A  
 Order No. : 37548  
 Reception Date: 25/03/2025  
 2019-03-25 [V]

**Environmental Conditions**  
 Temperature : 23°C ± 2°C  
 Relative Humidity 34%RH ± -5%RH  
 Mains Voltage : 120V ± 12V  
 Mains Frequency 60Hz ± 1Hz

**Comments**  
 Instrument was placed in lab and allowed to stabilize before calibration.  
 Procedure written to manufactures specification.  
 All Tests Passed calibration no adjustments were made.

Traceability Information Instrument Description	Serial Number	Certificate Number	Cal. Date	Period [Weeks]
Keysight 34461A DMM-006 Multimeter	MY59034260	523631031458648	18/12/24	52
Fluke 8846A DMM-007 Multimeter	504006	523631031458627	18/12/24	52
PicoScope DSM-003 Oscilloscope	IW978/0002	523631031570446	04/02/25	52
ADT681 PI-012	211H20540004	523631031464181	20/12/24	52
302089SD02L30IMV&30#	21062604	523631031464106	20/12/24	52

Calibrated By : **diego.gonzalez** Date of Calibration : **26/03/2025**

\* MEDICAL IT certifies that this testing device has been calibrated and complied at the time of evaluation with the performance and tolerance criteria's specifications established in the standard procedures declared by the manufacturer (OEM).  
 \* Performance and compliance can be affected by different factors such as but not limited to: mishandling, abuse and/or lack of operating competence. It's the user's responsibility to confirm that their equipment is suitable for the intended purpose through its use.  
 \* Approved and calibrated measurement instruments have been used in this calibration, all traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST) and/or other recognized national metrological institutes; in compliance with subsections 7.6 A) of ISO 13485:2016 and 7.1.5.2 A) of ISO9001:2015. For magnitudes that don't have an international standard, such as SpO2, the internal standards developed by the manufacturer are used in accordance with acceptance criteria.  
 \* This report contains quantitative results correlated to the evaluation criteria for each test, for which the PASS status will prevail unless otherwise stated.  
 \* The Test Uncertainty Ratio (TUR) remains 4:1 unless otherwise noted.  
 \* The recalibration frequency recommended by the manufacturer is 1 year, based on the user manual provisions.  
 \* This document shouldn't be altered or partially reproduced without the written permission of the issuer Service Center.

**Figura C.1.2.** Certificado de calibración de simulador de Presión Arterial y ECG.

**Calibration Report**

Issued By OEM Authorized Center.- Medical IT  
Date of Issue 26 March 2025  
Facility Address :  
Sol 2816, Col. Jardines del Bosque  
Guadalajara, Jal., México C.P 44520



FT-ST-016\_v00

Document number  
STD00331  
Page 1 of 2

*[Signature]*

Authentication seal

Approved signatory

JCM

BOV

DGB

**Customer :** Quality Medical Service  
Bajo 287 interior 2, Col. Roma Sur  
Alcaldía Cuauhtémoc

C.P. 06760

<b>Instrument -</b>	System ID :	ID00239	Location :	N/A
	Description :	SpO2 Simulator OxSimFlex	Customer Ref. :	N/A
	Manufacturer :	Pronk	Order No. :	37549
	Model Number :	Ox-2	Reception Date:	25/03/2025
	Serial Number :	12416		
	Procedure Version	409		

**Environmental Conditions**

Temperature : 23°C ± 2°C      Mains Voltage : 120V ± 12V  
Relative Humidity 34%RH ± -5%RH      Mains Frequency 60Hz ± 1Hz

**Comments**

Instrument was placed in lab and allowed to stabilise before calibration.

Procedure written to manufactures specification.  
All Tests Passed calibration no adjustments were made.

Traceability Information	Serial Number	Certificate Number	Cal. Date	Period [Weeks]
Instrument Description MSV 20300	2270	OS37339	23/01/25	52

Calibrated By : diego.gonzalez

Date of Calibration : 26/03/2025

- \* MEDICAL IT certifies that this testing device has been calibrated and complied at the time of evaluation with the performance and tolerance criteria's specifications established in the standard procedures declared by the manufacturer (OEM).
- \* Performance and compliance can be affected by different factors such as but not limited to: mishandling, abuse and/or lack of operating competence. It's the user's responsibility to confirm that their equipment is suitable for the intended purpose through its use.
- \* Approved and calibrated measurement instruments have been used in this calibration, all traceable to the International System of Units (SI) through the National Institute of Standards and Technology (NIST) and/or other recognized national metrological institutes, in compliance with subsections 7.6 A) of ISO 13485:2016 and 7.1.5.2 A) of ISO9001:2015. For magnitudes that don't have an international standard, such as SpO2, the internal standards developed by the manufacturer are used in accordance with acceptance criteria.
- \* This report contains quantitative results correlated to the evaluation criteria for each test, for which the PASS status will prevail unless otherwise stated.
- \* The Test Uncertainty Ratio (TUR) remains 4:1 unless otherwise noted.
- \* The Test Uncertainty Ratio (TUR) remains 4:1 unless otherwise noted.
- \* The recalibration frequency recommended by the manufacturer is 1 year, based on the user manual provisions.
- \* This document shouldn't be altered or partially reproduced without the written permission of the issuer Service Center.

**Figura C.1.3.** Certificado de calibración de simulador de Oxímetro.



A continuación Certificamos que:

**Ingrid Marlene García Alonzo**

Ha participado profesionalmente con éxito en  
El entrenamiento de

**SERVICIO TÉCNICO PARA SECA MEDICAL  
LINEA CORE LINE (BASCULAS Y ESTADIMETROS).**

**Marzo 2025 en la Ciudad de México**

Con los siguientes contenidos:

- Calibración.
- Mantenimiento preventivo.
- Instalación y puesta en marcha.
- Limpieza y desinfección de equipo.
- Uso y cuidado de los equipos
- Protocolos de medición
- Armado y desarmado completo
- Reparación

Con valor curricular

  
Ing. Víctor Galván Vieyra  
Representante legal  
SECA MEXICO

Válido hasta marzo del año 2026

seca Sistemas Médicos de Medición S. A. de C. V.  
Centrotec 223 A • Col. Industrial San Antonio • 02760 México • México, D. F.  
Teléfono +52 55 5567 8537 ó 5567 5189 • Fax +52 55 5719 0728  
info.mx@seca.com • www.seca.com

**seca**  
Precisión para la salud

**Figura C.2.1.** Certificación SECA.

The image shows a certificate from Baxter. At the top center is the Baxter logo in a bold, blue, italicized font. Below the logo is the text "Certificate of Completion" in a smaller, blue, italicized font. The background of the certificate features a light blue and white geometric pattern of overlapping triangles and diamonds. The main text is centered and reads: "This certificate has been awarded to:" followed by the name "Ingrid Marlene Garcia Alonzo" in a bold blue font. Below the name is "Quality Medical Service" in a regular blue font. The next line says "for successfully completing the classroom training in" followed by "Hill-Rom 1000 Full-Service Training" in a bold orange font. Below that is "on Thursday, July 4, 2024" in a regular blue font. At the bottom, it says "Global Service Technical Training Team" in a bold blue font. At the very bottom, there is a small line of text: "Certification is only applicable for the named person stated on this certificate. Herewith, the trainee is authorized to conduct repair and maintenance for the equipment mentioned above. The certification is non-transferable and is valid for 2 years."

**Baxter**

*Certificate of Completion*

This certificate has been awarded to:

**Ingrid Marlene Garcia Alonzo**

Quality Medical Service

for successfully completing the classroom training in

**Hill-Rom 1000 Full-Service Training**

on Thursday, July 4, 2024

**Global Service Technical Training Team**

Certification is only applicable for the named person stated on this certificate. Herewith, the trainee is authorized to conduct repair and maintenance for the equipment mentioned above. The certification is non-transferable and is valid for 2 years.

**Figura C.2.2.** Certificación Baxter.