

**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TEXTO COMPLETO**

*Autor1*

Puerto Colombia, **2 de Mayo de 2020**

Señores

**DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS**

Universidad del Atlántico

**Asunto: Autorización Trabajo de Grado**

Cordial saludo,

Yo, **NORBERTO JOSÉ RODRÍGUEZ MEDINA**, identificado(a) con **C.C. No. 1.045.719.081** de **BARRANQUILLA**, autor(a) del trabajo de grado titulado **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACIÓN APLICADO A INSTRUMENTOS NO AUTOMÁTICOS DE PESAJE EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO** presentado y aprobado en el año **2020** como requisito para optar al título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,

Firma



**NORBERTO JOSÉ RODRÍGUEZ MEDINA.**  
**C.C. No. 1.045.719.081 de BARRANQUILLA**

**AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL  
TEXTO COMPLETO**

*Autor2*

Puerto Colombia, **2 de Mayo de 2020**

Señores

**DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS**

Universidad del Atlántico

**Asunto: Autorización Trabajo de Grado**

Cordial saludo,

Yo, **ALBEIRO JAVIER FERNÁNDEZ MORENO**, identificado(a) con **C.C. No. 1.001.940.640** de **BARRANQUILLA**, autor(a) del trabajo de grado titulado **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACIÓN APLICADO A INSTRUMENTOS NO AUTOMÁTICOS DE PESAJE EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO** presentado y aprobado en el año **2020** como requisito para optar al título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO.**; autorizo al Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico para que, con fines académicos, la producción académica, literaria, intelectual de la Universidad del Atlántico sea divulgada a nivel nacional e internacional a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios del Departamento de Bibliotecas de la Universidad del Atlántico pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web institucional, en el Repositorio Digital y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad del Atlántico.
- Permitir consulta, reproducción y citación a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Esto de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Atentamente,

Firma



**ALBEIRO JAVIER FERNÁNDEZ MORENO.**

**C.C. No. 1.001.940.640 de BARRANQUILLA**

**DECLARACIÓN DE AUSENCIA DE PLAGIO EN TRABAJO ACADÉMICO PARA GRADO**


*Este documento debe ser diligenciado de manera clara y completa, sin tachaduras o enmendaduras y las firmas consignadas deben corresponder al (los) autor (es) identificado en el mismo.*


Puerto Colombia, **2 de Mayo de 2020**

Una vez obtenido el visto bueno del director del trabajo y los evaluadores, presento al **Departamento de Bibliotecas** el resultado académico de mi formación profesional o posgradual. Asimismo, declaro y entiendo lo siguiente:

- El trabajo académico es original y se realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, en consecuencia, la obra es de mi exclusiva autoría y detento la titularidad sobre la misma.
- Asumo total responsabilidad por el contenido del trabajo académico.
- Eximo a la Universidad del Atlántico, quien actúa como un tercero de buena fe, contra cualquier daño o perjuicio originado en la reclamación de los derechos de este documento, por parte de terceros.
- Las fuentes citadas han sido debidamente referenciadas en el mismo.
- El (los) autor (es) declara (n) que conoce (n) lo consignado en el trabajo académico debido a que contribuyeron en su elaboración y aprobaron esta versión adjunta.

<b>Título del trabajo académico:</b>	<b>DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACIÓN APLICADO A INSTRUMENTOS NO AUTOMÁTICOS DE PESAJE EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO</b>
<b>Programa académico:</b>	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>

<b>Firma de Autor 1:</b>							
<b>Nombres y Apellidos:</b>	<b>NORBERTO JOSÉ RODRÍGUEZ MEDINA</b>						
<b>Documento de Identificación:</b>	CC	X	CE		PA	Número:	1.045.719.081
<b>Nacionalidad:</b>					<b>Lugar de residencia:</b>		
<b>Dirección de residencia:</b>							
<b>Teléfono:</b>					<b>Celular:</b>	3002548844	

<b>Firma de Autor 2:</b>							
<b>Nombres y Apellidos:</b>	<b>ALBEIRO JAVIER FERNÁNDEZ MORENO</b>						
<b>Documento de Identificación:</b>	CC	X	CE		PA	Número:	1.001.940.640
<b>Nacionalidad:</b>					<b>Lugar de residencia:</b>		
<b>Dirección de residencia:</b>							
<b>Teléfono:</b>					<b>Celular:</b>	3017921174	



**FORMULARIO DESCRIPTIVO DEL TRABAJO DE GRADO**

<b>TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO DE GRADO</b>	<b>DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACIÓN APLICADO A INSTRUMENTOS NO AUTOMÁTICOS DE PESAJE EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO.</b>
<b>AUTORES</b>	<b>NORBERTO JOSÉ RODRÍGUEZ MEDINA ALBEIRO JAVIER FERNÁNDEZ MORENO</b>
<b>DIRECTOR</b>	<b>CRISTIAN ANTONIO PEDRAZA YEPES</b>
<b>CO-DIRECTOR</b>	<b>JOSE DANIEL HERNÁNDEZ VÁSQUEZ</b>
<b>JURADOS</b>	<b>LUIS ENRIQUE SOGAMOSO URIELES FRANKLYN HERAZO SALAS</b>
<b>TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE</b>	<b>INGENIERO MECÁNICO</b>
<b>PROGRAMA</b>	<b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>
<b>PREGRADO / POSTGRADO</b>	<b>PREGRADO</b>
<b>FACULTAD</b>	<b>INGENIERÍA</b>
<b>SEDE INSTITUCIONAL</b>	<b>UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO PUERTO COLOMBIA</b>
<b>AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO</b>	<b>2020</b>
<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>	<b>130</b>
<b>TIPO DE ILUSTRACIONES</b>	<b>TABLAS, IMÁGENES, GRÁFICAS.</b>
<b>MATERIAL ANEXO (Video, audio, multimedia o producción electrónica)</b>	<b>PATENTE DE PROGRAMA Y MANUAL DE USO DE PROGRAMA.</b>
<b>PREMIO O RECONOMIENTO</b>	<b>NO APLICA</b>

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PERIODICIDAD  
DE CALIBRACIÓN APLICADO A INSTRUMENTOS NO AUTOMÁTICOS DE  
PESAJE EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO**

**NORBERTO JOSE RODRIGUEZ MEDINA  
ALBEIRO JAVIER FERNÁNDEZ MORENO**

**UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Barranquilla  
2020**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PERIODICIDAD  
DE CALIBRACIÓN APLICADO A INSTRUMENTOS NO AUTOMÁTICOS DE  
PESAJE EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO.**

**NORBERTO JOSE RODRIGUEZ MEDINA  
ALBEIRO JAVIER FERNÁNDEZ MORENO**

**Proyecto para trabajo de grado  
Con el fin de obtener el título de Ingeniero Mecánico**

**Director:  
CRISTIAN PEDRAZA  
Codirector:  
JOSE DANIEL HERNANDEZ**

**UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Barranquilla  
2020**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

**Firma presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Barranquilla, 2020**

## DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada primeramente a Dios, ya que Él nos dio la oportunidad de mantenernos vivos y con salud hasta el día de la entrega de este proyecto y concluir nuestra carrera.

Gracias a mi madre Gipsy Medina y a mi padre Oscar Rodríguez, que siempre estuvieron preocupados y atentos de mí durante toda la carrera y por brindarme todo el amor y confianza para llegar al día en el que me encuentro hoy; pero sobre todo, por los consejos y la buena educación brindada durante toda mi vida que me han hecho la persona que soy hoy en día.

Gracias a mis hermanos Jesús y Mateo, primos, abuelos y demás familiares que me han brindado su apoyo y cariño durante mi formación estudiantil. Éste logro también va dedicado a ellos.

Gracias a mi novia Linda que fue un apoyo incondicional desde que comenzó este proyecto hasta la entrega del mismo. Gracias por todo el amor brindado y darme las fuerzas necesarias y palabras de ánimos para continuar y nunca rendirme con este proyecto de grado.

Gracias a mis amigos cercanos Camilo, Luis, Andrea, Juan, Carmen, Fabiola, Saidy, Ana, Diana y Alberto por estar siempre a mi lado, compartiendo momentos felices y enseñándome el verdadero significado de amistad. Gracias a todas las amistades que encontré en la Universidad, a Olga, Álvaro Jorge, Germán, Andrés, José, Miguel y Nilson que me enseñaron que en la Universidad no solo se convive con compañeros de estudio, sino con amigos.

Gracias a la Universidad del Atlántico por brindarme la oportunidad de estudiar esta carrera tan bonita que he aprendido a amar cada vez más con el transcurso del tiempo y a los buenos maestros de los cuales me llevo mucho conocimiento tanto para mi vida laboral como personal. Gracias a mi director Cristian Pedraza y codirector del proyecto de grado José Hernández.

Gracias a todos. Esta tesis va dedicada a todos ustedes.

***Norberto José Rodríguez Medina***



## DEDICATORIA

### ***A Dios.***

Por haberme permitido cumplir mis sueños y por brindarme salud y fortaleza, además de su infinita bondad y amor.

### ***A mi madre Milena Moreno.***

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y valores que me han forjado como una persona de bien y el gran esfuerzo que día a día realiza para sostener a cada uno de mis hermanos, pero más que nada, por su amor.

### ***A mi padre Albeiro Fernández.***

Por sus consejos y grandes enseñanzas, principalmente que me alentó a seguir adelante cuando las circunstancias no eran favorables y por su amor incondicional.

### ***A mis familiares.***

A mis hermanos, tíos y primos que han participado sea indirectamente en la elaboración de esta tesis con su constante motivación.

### ***A mis amigos.***

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y más que compañeros de clases nos convertimos en compañeros de vida: Moisés Ariza, Walbin Villa, Sergio Martínez, Luis Malkun y mi compañero de tesis Norberto Rodríguez. Sin importar las dificultades siempre puedo contar con su ayuda y eso es fundamental para alcanzar mis objetivos personales tener el apoyo de grandes amigos como ustedes.

A la *universidad del atlántico* por haberme brindado la oportunidad de formarme en una hermosa carrera, al cuerpo de docentes del programa de ingeniería mecánica, a mi director y codirector del proyecto de grado, por sus enseñanzas y su grandiosa labor en la formación de profesionales íntegros.

***¡Gracias a ustedes!***

***Albeiro Javier Fernández Moreno***

# Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	<b>2</b>
2.1	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN</b>	<b>2</b>
2.2	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
2.3	<b>OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
2.3.1	<b>Objetivo general</b>	<b>6</b>
2.3.2	<b>Objetivos específicos</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>MARCO TEORICO</b>	<b>7</b>
3.1	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>7</b>
3.1.1	<b>Tipos de mantenimiento</b>	<b>8</b>
3.1.2	<b>Modelos de mantenimiento</b>	<b>10</b>
3.1.3	<b>Técnicas de mantenimiento</b>	<b>12</b>
3.1.4	<b>Normativas en el mantenimiento</b>	<b>13</b>
3.1.5	<b>Actividades básicas de mantenimiento</b>	<b>14</b>
3.1.6	<b>Periodicidad de actividades de mantenimiento preventivo</b>	<b>15</b>
3.1.7	<b>Ordenes de trabajo</b>	<b>16</b>
3.2	<b>PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE BALANZAS</b>	<b>17</b>
3.2.1	<b>Principio de funcionamiento de balanzas mecánicas</b>	<b>17</b>
3.2.2	<b>Principio de funcionamiento de balanzas electrónicas</b>	<b>21</b>
3.3	<b>MANTENIMIENTO DE BALANZAS</b>	<b>25</b>
3.3.1	<b>Inspección</b>	<b>25</b>
3.3.2	<b>Limpieza</b>	<b>26</b>
3.3.3	<b>Ajuste y verificación de funcionamiento</b>	<b>26</b>
3.4	<b>METROLOGÍA EN COLOMBIA</b>	<b>27</b>
3.4.1	<b>Metrología legal</b>	<b>28</b>
3.4.2	<b>Sistema de aseguramiento metrológico</b>	<b>29</b>
3.5	<b>CALIBRACIÓN</b>	<b>30</b>
3.5.1	<b>Repetitividad de las lecturas</b>	<b>31</b>
3.5.2	<b>Descentralización de cargas (excentricidad)</b>	<b>32</b>
3.5.3	<b>Certificado de calibración</b>	<b>33</b>
3.6	<b>DOCUMENTO OIML-D10</b>	<b>35</b>

3.6.1	Ajuste automático o escalera .....	35
3.6.2	Carta control .....	36
3.6.3	Tiempo en uso .....	37
3.6.4	Comprobación en servicio o caja negra .....	37
4	<b>METODOLOGÍA</b> .....	39
4.1	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	39
4.2	DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES INVOLUCRADAS EN PLAN DE MANTENIMIENTO .....	40
4.2.1	Determinación de actividades del plan de mantenimiento .....	40
4.3	RUTINAS DE MANTENIMIENTO PARA BALANZAS .....	42
4.4	PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE PLAN DE MANTENIMIENTO .....	44
4.5	DISEÑO DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTOS .....	48
4.6	BASE DE DATOS DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA BALANZAS .....	52
4.7	CLASIFICACIÓN DE BALANZAS .....	54
4.7.1	Clasificación de balanzas de los laboratorios de nutrición y dietética de la universidad del atlántico .....	58
4.8	APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PROPUESTOS POR LA GUÍA OIML-D10:2007 .....	62
4.8.1	Evaluación de métodos propuestos por la guía OIML-D10:2007 .....	63
4.9	ANÁLISIS COSTOS/BENEFICIOS Y APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO. ....	70
4.9.1	Calibración y aplicación de mantenimiento a instrumentos seleccionados .....	70
5	<b>CONCLUSIONES</b> .....	74
6	<b>ANEXOS</b> .....	76
	ANEXO A: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN 2019 .....	76
	ANEXO B: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN PREVIOS .....	91
	ANEXO C: SOFTWARE EN C++ DE BASE DE DATO DE MANTENIMIENTO .....	106
	ANEXO D: CERTIFICADO DE REGISTRO DE DERECHO DE AUTOR .....	112
7	<b>REFERENCIAS</b> .....	113

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CUADRO COMPARATIVO MÉTODOS DOCUMENTO OIML-D10. FUENTE: [4].	38
TABLA 2 INVENTARIO DE BALANZAS, LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO. [ELABORACIÓN PROPIA].	41
TABLA 3 ACTIVIDADES DEFINIDAS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO. [ELABORACIÓN PROPIA].	42
TABLA 4. ASIGNACIÓN NUMÉRICA A LOS DIFERENTES TIPOS DE BALANZA. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	47
TABLA 5. PERIODICIDAD DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	47
TABLA 6. DETERMINACIÓN DE DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN. ADAPTADO DE: [23].	55
TABLA 7. DETERMINACIÓN DE (E), (N) Y MIN SEGÚN CLASE DE EXACTITUD. ADAPTADA DE: [23].	57
TABLA 8. ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS EN VERIFICACIÓN INICIAL SEGÚN CLASE DE EXACTITUD. ADAPTADO DE: [23].	57
TABLA 9. ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA EJEMPLO DADO. ADAPTADO DE: [23].	58
TABLA 10. CLASIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS NO AUTOMÁTICOS DE PESAJE DE LOS LABORATORIOS DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	59
TABLA 11. ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA EQUIPOS DE CLASE II DE LOS LABORATORIOS DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	60
TABLA 12. ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA EQUIPOS DE CLASE III DE LOS LABORATORIOS DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	60
TABLA 13. ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA EQUIPOS DE CLASE IIII DE LOS LABORATORIOS DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	61
TABLA 14. CRITERIO DE DECISIÓN DE MÉTODO SCHUMACHER. ADAPTADO DE: [33].	64
TABLA 15. ANÁLISIS MÉTODO SCHUMACHER. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	65
TABLA 16. RESULTADOS MÉTODO SCHUMACHER. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	65
TABLA 17. FÓRMULAS DE ERROR E INCERTIDUMBRE MÉTODO CARTA CONTROL. ADAPTADO DE: [33].	67
TABLA 18. MATRIZ DE GRÁFICO MÉTODO CARTA DE CONTROL. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	68
TABLA 19. ANÁLISIS ECONÓMICO MANTENIMIENTO DE CINCO BALANZAS [ELABORACIÓN PROPIA].	71
TABLA 20. ANÁLISIS ECONÓMICO MANTENIMIENTO DE BALANZAS DEL PROGRAMA DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	72

## LISTA DE GRÁFICAS

GRAFICA 1. GRÁFICA DE EVALUACIÓN CARTA CONTROL. ADAPTADO DE: [33].	66
GRAFICA 2. COMPORTAMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZA 1. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	68
GRAFICA 3. COMPORTAMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZA 2. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	69
GRAFICA 4. COMPORTAMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZA 3. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	70

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA DE PROCESO DE MANTENIMIENTO. ADAPTADO DE [21].	17
FIGURA 2. FUNCIONAMIENTO DE BALANZA TIPO RESORTE. FUENTE: [22].	18
FIGURA 3. COMPONENTES DE BALANZA DE PESA DESLIZANTE. FUENTE: [22].	19
FIGURA 4. COMPONENTES DE BALANZA ANALÍTICA- FUENTE: [22].	19
FIGURA 5. COMPONENTES DE BALANZA DE PLATO SUPERIOR. FUENTE: [22].	20
FIGURA 6. COMPONENTES DE BALANZA DE SUSTITUCIÓN. FUENTE: [22].	21
FIGURA 7. ELEMENTOS DE UNA BALANZA ELECTRÓNICA. FUENTE: [22].	22
FIGURA 8. PRINCIPIO FUERZA DE COMPENSACIÓN. FUENTE: [22].	23
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LOS PLATOS PARA LA CALIBRACIÓN. FUENTE: [36].	33
FIGURA 10. DISEÑO DE ORDEN DE TRABAJO. FUENTE: [ELABORACIÓN PROPIA].	48
FIGURA 11. CLASIFICACIÓN DE BALANZA POR EXACTITUD. FUENTE: [40].	54
FIGURA 12. GRAFICA PARA DETERMINAR LA CLASIFICACIÓN DE BALANZAS POR EXACTITUD. FUENTE: [22].	56
FIGURA 13. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN BALANZA 1	76
FIGURA 14. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN BALANZA 2	79
FIGURA 15. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN BALANZA 3	82
FIGURA 16. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN BALANZA 4	85
FIGURA 17. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN BALANZA 5	88
FIGURA 18. CERTIFICADO CALIBRACIÓN 2018 BALANZA 1	91
FIGURA 19. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 2018 BALANZA 2	94
FIGURA 20. CERTIFICADO CALIBRACIÓN 2018 BALANZA 3	97
FIGURA 21. CERTIFICADO CALIBRACIÓN 2017 BALANZA 1	100
FIGURA 22. CERTIFICADO CALIBRACIÓN 2017 BALANZA 2	102
FIGURA 23. CERTIFICADO CALIBRACIÓN 2017 BALANZA 3	104
FIGURA 24. REGISTRO DE DERECHOS DE AUTOR DE SOFTWARE DESARROLLADO.	112

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo y calibración aplicado a instrumentos de pesaje no automáticos de los laboratorios de la facultad de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico.

Como la Universidad del Atlántico, se encuentra actualmente en búsqueda de certificar todos los programas que esta universidad ofrece, y hasta la fecha de hoy 20 de los 32 programas existentes ya están acreditados [1], se propuso realizar un plan de mantenimiento preventivo a instrumentos de pesaje de masa de los laboratorios de la alma mater que ayudaría a que algunos requisitos de acreditación de normas como la ISO 9001 [2] sean cumplidos, además de ayudar a alcanzar una mayor calidad de educación e investigación.

En el transcurso de la investigación, se desarrolló un inventario de las balanzas que se encuentran en las instalaciones de los laboratorios de la facultad de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico, así como también las diferentes y respectivas actividades de mantenimiento en base a manuales de fabricantes, protocolos genéricos de estos tipos de equipos y conocimientos empíricos sobre los mismos y que fueron registradas en ordenes de trabajo.

También se diseñó con ayuda del programa C++, una base de datos en una plataforma ejecutable que muestra la información de las actividades del plan de mantenimiento, que también cuenta con una opción de calcular una periodicidad óptima de calibración de instrumentos en base a históricos de calibración.

Como último, se aplicaron las actividades del plan de mantenimiento y se realizó la calibración a 5 balanzas y se diligenciaron las respectivas ordenes de trabajo y los certificados de calibración por medio de un laboratorio de metrología.

## GLOSARIO

Los siguientes términos y definiciones en su mayoría, corresponden a las indicadas por la tercera edición en español del *Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metrología* (VIM) del año 2012 y otros términos por la actualización del año 2019 de la edición del tricentenario de la *Real Academia Española* (RAE).

**AJUSTE DE UN SISTEMA DE MEDIDA:** Según la referencia **3.11** del VIM se define como “conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir”.

**CALIBRACIÓN:** Según la referencia **2.39** del VIM se define la calibración como “operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación”.

**CALIDAD:** Según la RAE, se define la calidad como “adecuación de un producto o servicio a las características especificadas”.

**ERROR DE MEDIDA:** Según la referencia **2.16** del VIM, se define como “diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia”.

**ERROR MÁXIMO PERMISIBLE:** Según la referencia **4.26** del VIM, se define como “valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medida dado”.

**EXACTITUD DE MEDIDA:** Según la referencia **2.13** del VIM se define como “proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando”.

**INCERTIDUMBRE DE MEDIDA:** Según la referencia **2.26** del VIM se define como “parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza”.

**INTERVALO:** Según la tercera edición en español del VIM del año 2012 en su página número 12, el término “intervalo y el símbolo  $[a; b]$  se utilizan para representar el conjunto de los números reales  $x$  tales que  $a \leq x \leq b$ , donde  $a$  y  $b > a$  son números reales”.

**INSTRUMENTO DE MEDIDA:** Según la referencia 3.1 del VIM se define como “dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos”.

**GAMA DE MANTENIMIENTO:** Es un conjunto de tareas que tienen determinados elementos en común que permiten y justifican esta agrupación, y que dotan al conjunto de una facilidad para llevarlo a cabo y gestionarlo.

**GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO:** Según la edición del año 2011 de la norma UNE-EN 13306, se define como “todas las actividades de la gestión que determinan los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades de mantenimiento por medio tales como la planificación, control y la mejora”.

**GMAO:** Es el acrónimo de GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR, y es el nombre genérico que reciben los software de gestión de mantenimiento.

**HOJA DE RUTA:** Las hojas de ruta para mantenimiento describen una secuencia de operaciones de mantenimiento individuales que se han de realizar repetidamente dentro de una empresa. Existen tres clases de hojas de ruta para mantenimiento que se pueden distinguir entre ellas con el uso de indicadores:

- Hoja de ruta para equipo.
- Hoja de ruta para ubicación técnica.
- Instrucción de mantenimiento.

**MAGNITUD:** Según la referencia 1.1 del VIM se define como “propiedad de un fenómeno, un cuerpo o sustancia que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia”.



**METROLOGÍA:** Según la referencia **2.2** del VIM se define como “ciencia de las mediciones y sus aplicaciones”.

**MEDICIÓN:** Según la referencia **2.1** del VIM se define como “proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud”.

**MENSURANDO:** Según la referencia **2.3** del VIM se define como “magnitud que se desea medir”.

**PATRÓN DE MEDIDA:** Según la referencia **5.1** del VIM se define como “realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia”.

**PROGRAMACIÓN:** Según la RAE se define como “proceso por medio del cual se diseña, codifica, limpia y protege el código fuente de programas computacionales”.

**RESOLUCIÓN:** Según la referencia **4.14** del VIM se define como “mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente”.

**RESULTADO DE MEDIDA:** Según la referencia **2.9** se define como “conjunto de valores de una magnitud atribuidos a un mensurando, acompañados de cualquier otra información relevante disponible”.

**SISTEMA DE MAGNITUDES:** Según la referencia **1.3** del VIM se define como “conjunto de magnitudes relacionadas entre sí mediante ecuaciones no contradictorias”.

**SISTEMA INTERNACIONAL DE MAGNITUDES:** Según la referencia **1.6** del VIM se define como “sistema de magnitudes basado en las siete magnitudes básicas: longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa”.

**SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES:** Según la referencia **1.16** del VIM se define como “sistema de unidades basado en el Sistema Internacional de Magnitudes, con nombres y símbolos de las unidades, y con una serie de prefijos con sus nombres y símbolos, así como reglas para su utilización, adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM).”

**TRAZABILIDAD METROLÓGICA:** Según la referencia **2.41** del VIM se define como “propiedad del resultado de una medición por la cual el resultado puede relacionarse mediante una cadena ininterrumpida y documentación calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida”.

**UNIDAD DE MEDIDA:** Según la referencia **1.9** del VIM se define como “magnitud escalar real, definida y adoptada por convenio, con la que se puede comparar cualquier otra magnitud de la misma naturaleza para expresar la relación entre ambas mediante un número”.

**VERACIDAD DE MEDIDA:** Según la referencia **2.14** del VIM se define como “proximidad entre la media de un número infinito de valores medidos repetidos y un valor de referencia”.

# 1 INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales y ensayos de laboratorio requieren una gestión metrológica que garantice la satisfacción de las necesidades relacionadas con las mediciones asegurando la disponibilidad el mayor tiempo posible de los instrumentos con resultados de medición fiables, contribuyendo importantemente en la calidad del proceso [3]. Para cumplir los estándares de calidad establecidos se debe realizar un plan de mantenimiento preventivo que contribuya con el aseguramiento metrológico desarrollando además actividades como la calibración, por lo que es importante fijar la periodicidad de dichas actividades y también para cuando deban realizarse las calibraciones, ya que un aumento o disminución en la frecuencia de calibración de un instrumento puede aumentar la incertidumbre de este, generar costos operativos adicionales y/o disminuir la confiabilidad de la medición.

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar para los laboratorios de la Universidad del Atlántico un plan de mantenimiento preventivo aplicado a los instrumentos no automáticos de pesaje.

En este proyecto se trazará también como otro objetivo principal una metodología que permita establecer los intervalos de tiempos de calibración de sus instrumentos tomando como soporte principal los métodos de control metrológico propuestos por el documento OIML-D10 "*Lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición*" de la edición del año 2007 [4].

Con este plan de mantenimiento se espera diseñar una metodología que permita ser replicada a los diferentes tipos de instrumentos en los laboratorios aumentando los estándares de calidad.

## **2 GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

¿Cómo un plan de mantenimiento preventivo y la definición de criterios para la periodicidad de calibración de los instrumentos no automáticos de pesaje, en los laboratorios de nutrición y dietética de la Universidad del Atlántico, puede contribuir a un aumento de la confiabilidad metrológica en la medición de masa para tareas de investigación?

Los instrumentos de medición en los laboratorios son herramientas indispensables para el desarrollo de investigaciones relacionadas a industrias tales como las farmacéuticas y alimenticias; y de ciencias como la física y química; por lo que estos instrumentos no pueden tener un margen de error significativo y se le deban realizar actividades de mantenimiento preventivo y calibración. Si se ignorase esta última actividad, las mediciones se transformarían en un proceso de especulaciones, ya que con el tiempo estas mediciones van perdiendo su exactitud y veracidad [5].

Tanto las reglamentaciones de seguridad como las de calidad requieren que todos los laboratorios cuenten con un plan de mantenimiento para que sus equipos e instalaciones puedan operar bajo las condiciones específicas, puesto que el no tener presente uno que ayude a prevenir fallos y averías puede arruinar todo el trabajo durante una investigación. Es por esto que es importante y necesario que los equipos de medición utilizados en los laboratorios cuenten con un plan de mantenimiento que ayude a que estén en óptimas condiciones, en estado de funcionamiento y correctamente calibrados.

El estado del instrumento puede ser afectado por maltrato, condiciones ambientales, contaminación, daños físicos, deriva en el tiempo y envejecimiento de sus componentes dando como consecuencia errores en las mediciones y repercute en las investigaciones realizadas con ayuda de los instrumentos de medición. Por tal razón es importante que en la Universidad del Atlántico se

implemente un plan de mantenimiento preventivo y se realicen calibraciones a estos.

La programación de una calibración periódica de instrumentos mejora en gran medida la vida útil de estos, al igual que su exactitud. Lo ideal es que los intervalos de calibración se definan siguiendo una metodología basada en las probabilidades de que algo vaya mal y qué impacto negativo tendría en su uso. Si la probabilidad y el impacto negativo generado son elevados, entonces se consideraría un riesgo alto que demandaría un intervalo de calibración más corto que cuando se supone el instrumento genera una probabilidad y un impacto negativo más bajos donde se permitiría la ampliación de los intervalos de calibración [6]. Ignorar la calibración es una estrategia de alto riesgo, ya que en ocasiones los costos asociados a mediciones inexactas y errores por parte de estos instrumentos sin calibrar saldrían mucho más elevados que el costo de la propia calibración.

Por lo anterior dicho, se hace necesario que en la Universidad del Atlántico no solo se diseñe un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los laboratorios del alma mater, sino que también se diseñe una metodología para determinar la periodicidad de calibración de instrumentos de medición, ya que es esencial para el desarrollo y la calidad de investigaciones que son llevadas a cabo dentro de la institución.

## **2.2 ANTECEDENTES**

Se han desarrollado investigaciones previas que soportan la implementación de este proyecto, en 2012, D. Medrano y B. Vega [7] desarrollaron un plan de mantenimiento y calibración para el laboratorio de procesos de manufactura en la Escuela Politécnica del Ejército. Desarrollaron un sistema de mejoramiento continuo de las actividades de mantenimiento con un planeación y ejecución del mantenimiento basándose en actividades principales como caracterización de equipos, verificación metrológica, elaboración de documentos y formatos, y un análisis económico. Pero su principal desarrollo fue un software por medio de

Visual Basic basado en un plan integral de mantenimiento que se ajusta a las necesidades del laboratorio.

En 2014, E. Dumaguala [8] desarrolló un plan de mantenimiento para los laboratorios de ingeniería en la Universidad Politécnica Salesiana. La gestión del mantenimiento que se ha aplicado en este proyecto tiene tres etapas: La primera es el levantamiento del inventario de máquinas y equipos con sus respectivas características técnicas; la segunda etapa, donde se realizó una planificación del mantenimiento preventivo para cada máquina, donde se requirió conocer los objetivos de cada laboratorio y determinar un objetivo de mantenimiento para categorizar las máquinas. Con la categorización de las máquinas se asignaron las diferentes tareas preventivas con sus instrucciones, lo cual permitió definir los insumos y herramientas necesarias para la ejecución del mantenimiento; y por último, la tercera etapa del proyecto, donde se realizó la implementación de la gestión mediante el software de mantenimiento sisMAC. En esta etapa se ingresó al software la información de los laboratorios aplicando las condiciones previamente definidas. El resultado de la programación del mantenimiento de manera automática permite la gestión de insumos, herramientas para cada semestre.

En 2018, N. Montealegre [9] diseñó un plan de mantenimiento para los equipos del laboratorio de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira. La investigación, muestra la descripción de las actividades desarrolladas durante los cinco meses de la práctica empresarial. Además, con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados se establecieron cinco actividades principales: Como primera actividad, la recolección de información registrada y almacenada, adquirida en el transcurso de la vida útil de cada equipo en cada uno de los laboratorios, generando así un listado de equipos que conforman el plan de mantenimiento preventivo. Como segunda actividad, diligenciar la ficha técnica y ordenar la información de registros de mantenimientos en las hojas de vida del listado de equipos. En la tercera actividad se genera un plan de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta las tareas básicas de

mantenimiento, las cuales son necesarias realizar con una frecuencia estipulada en cada equipo. Como cuarta actividad, se implementa una prueba piloto en uno de los laboratorios de la Facultad mediante el software SMplus pro 3.0, obteniendo así una observación del estado actual en el que se encuentra la gestión de mantenimiento preventivo en los laboratorios. Finalmente, se establecen los equipos necesarios a reposición teniendo en cuenta los diferentes criterios de acuerdo al contexto en que se desarrolla la práctica empresarial.

Tanto las reglamentaciones de seguridad como las de calidad requieren que todos los instrumentos en los laboratorios cuenten con la calibración adecuada para operar bajo las condiciones específicas, puesto que una mala calibración puede arruinar todo el trabajo durante una investigación [10].

En la actualidad, a menudo el intervalo entre una calibración y otra se determina por la ficha técnica del fabricante, sin tener en cuenta que este intervalo cambia de acuerdo a muchos factores, entre los que se destacan el estado real del instrumento, condiciones ambientales de trabajo, contaminación, daños físicos, deriva en el tiempo y envejecimiento de sus componentes [11]. Por lo tanto es necesario seguir una metodología que permita reevaluar y establecer los intervalos de tiempos de calibración.

En este proyecto se tomará como soporte principal los métodos de control metrológico propuestos por el documento OIML-D10 "*Lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición*" de la edición del año 2007 [4] para determinar y establecer la periodicidad de calibración.

Investigaciones, como la realizada por Elcio Cruz y Vanessa Branda [12], avalan la importancia del uso de esta guía para la determinación de periodicidad de calibración de instrumentos. Estos establecieron bajo el documento de la OIML-D10, los intervalos de calibración de instrumentos de medición de presión estática y temperatura en una comercializadora de gas natural en Brasil, siguiendo y evaluando cuatro métodos distintos de esta guía: Shumacher, Drift, Weighted y

Poisson; siendo este último el escogido para seleccionar el intervalo que fue de 322 días.

En 2017 Jing Wang, Qi Zhang y Wei Jiang [13], notaron que si el intervalo de calibración es demasiado largo, el riesgo de exceder la tolerancia incrementará; y por el contrario, si el intervalo es demasiado corto, habrá un desperdicio de los recursos y el uso normal del instrumento se verán afectados. En su investigación que buscaba la optimización de los intervalos de calibración para equipos de prueba automáticos, obtuvieron que los intervalos de calibración para un analizador de señales radio frecuencia es de 14 meses; para un osciloscopio es 15 meses; para un multímetro digital 17 meses, para un generador de ondas arbitrarias 12 meses; para un módulo A/D 7 meses y para un módulo D/A 8 meses.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 Objetivo general**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo y periodicidad de calibración aplicada a instrumentos no automáticos de pesaje en los laboratorios de la facultad de nutrición y dietética de la Universidad del Atlántico.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

- Proponer las actividades involucradas en el plan de mantenimiento de acuerdo a instrucciones de fabricante, especialistas del área, estado de los equipos y condiciones de trabajo.
- Aplicar los métodos propuestos por el documento OIML-D10 “*Lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición*” de la edición del año 2007, con el fin de determinar la periodicidad de calibración de los instrumentos no automáticos de pesaje.
- Realizar un análisis costos/beneficios correspondientes al plan de mantenimiento propuesto, con el fin de identificar oportunidades de mejora continúa.



### 3 MARCO TEORICO

#### 3.1 PLAN DE MANTENIMIENTO

La norma UNE-EN 13306:2011 "*Mantenimiento. Terminología del mantenimiento*", define mantenimiento como la "combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida" [14]. La misma norma define al plan de mantenimiento como "conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento".

El mantenimiento industrial es un campo de la ingeniería de gran interés y con amplia repercusión económica. A lo largo de la historia se ha desarrollado diferentes metodologías y niveles de aplicación de los sistemas de gestión de mantenimiento industrial y las industrias actualmente encuentran tan esencial la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para el desarrollo de sus actividades propias que destinan un porcentaje amplio de sus recursos al mantenimiento [15].

El instrumento de producción debe responder a un objetivo fundamental: disponibilidad con una calidad de servicio óptima. Las modernas técnicas de verificación del estado de los equipos e instalaciones contribuyen de manera notable al logro de este objetivo, permitiendo además, mediante la adecuada selección de filosofías y métodos de mantenimiento una disminución de los costes productivos [16].

El concepto de mantenimiento puede definirse de diferentes formas, que incluso sería insuficiente definir el mantenimiento en términos económicos. Desde su punto de partida el mantenimiento pretende mantener el correcto estado funcional de los equipos e instalaciones sin embargo las consecuencias de la aplicación de un plan de mantenimiento pueden sobrepasar ampliamente el objetivo inicial. La mejora de las condiciones funcionales de equipos incide directamente en la seguridad de las instalaciones, disminuyendo los riesgos laborales, puede

disminuir vibraciones y ruidos, mejorar el confort en ambientes de trabajo, por lo tanto contribuye directamente en la salud laboral, además mantener en condiciones adecuadas a los equipos permite aprovechar al máximo la vida útil de los mismos y su disponibilidad por lo tanto permite a una compañía ser competitiva y sostenible económicamente.

### **3.1.1 Tipos de mantenimiento**

Cuando hablamos de mantenimiento, podemos encontrar los tres más comunes tipos que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que se llevan a cabo:

**a) Mantenimiento correctivo:** Según la norma UNE-EN 13306:2011 *“Mantenimiento. Terminología del mantenimiento”*, es el “mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida” [14].

Es la forma más básica de brindar mantenimiento, pues supone simplemente reparar aquello que se ha descompuesto. En este sentido, el mantenimiento correctivo es un proceso que consiste básicamente en localizar y corregir las averías o desperfectos que estén impidiendo que la máquina realice su función de manera normal.

**b) Mantenimiento predictivo:** Según la norma UNE-EN 13306:2011 *“Mantenimiento. Terminología del mantenimiento”*, es el “mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento” [14].

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos

avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

**c) Mantenimiento preventivo:** Según la norma UNE-EN 13306:2011 “*Mantenimiento. Terminología del mantenimiento*”, es el “mantenimiento que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento” [14].

Se basa en la implementación de unas actividades básicas en periodos con frecuencias predeterminadas por recomendaciones del fabricante, condiciones de operación, experiencia y conocimiento del personal. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Además de estos tres anteriormente mencionado, podemos encontrar los siguientes tipos de mantenimientos:

**d) Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano [17].

**e) Mantenimiento autónomo:** Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, o en español, Mantenimiento Productivo Total) [17].

### **3.1.2 Modelos de mantenimiento**

#### **3.1.2.1 Modelo correctivo**

Este modelo es el más básico. Incluye, además de las inspecciones visuales y la lubricación, la reparación de averías que surjan. Es aplicable a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos [17].

#### **3.1.2.2 Modelo condicional**

Incluye las actividades del modelo anterior, y además, la realización de una serie de pruebas o ensayos, que condicionarán una actuación posterior. Si tras las pruebas descubrimos una anomalía, programaremos una intervención; si por el contrario, todo es correcto, no actuaremos sobre el equipo.

Este modelo de mantenimiento es válido en aquellos equipos de poco uso, o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja [17].

#### **3.1.2.3 Modelo sistemático**

Este modelo incluye un conjunto de tareas que se realizan sin tener en cuenta la condición del equipo. Se realizan algunas mediciones y pruebas para decidir si se tienen que realizar otras tareas de mayor envergadura; y por último, resolver las averías que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías conllevan problemas. Es importante señalar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleva funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja [17].

La principal diferencia con los dos modelos anteriores, es que en esos para realizar una tarea debe presentarse algún síntoma de fallo.

Un ejemplo de equipo sujeto a este modelo de mantenimiento es un reactor discontinuo, en el que las materias que deben reaccionar se introducen de una sola vez, tiene lugar la reacción, y posteriormente se extrae el producto de la reacción, antes de realizar una nueva carga. Independientemente de que este reactor esté duplicado o no, cuando está en operación debe ser fiable, por lo que se justifica realizar una serie de tareas con independencia de que hayan presentado algún síntoma de fallo.

Otros ejemplos:

- El tren de aterrizaje de un avión
- El motor de un avión

#### **3.1.2.4 Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad**

Es el modelo más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es en general el alto coste en producción que tiene una avería. Con una exigencia tan alta, no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos permitan conocer el estado del equipo con él en marcha, y a paradas programadas, que supondrán una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años). Estas revisiones se preparan con gran antelación, y no tiene porqué ser exactamente iguales año tras año.

En este modelo no se incluye el mantenimiento correctivo, ya que el objetivo que se busca en este equipo es CERO AVERÍAS. En general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener

el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. Por tanto, la puesta a cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año [17].

Algunos ejemplos de este modelo de mantenimiento pueden ser los siguientes:

- Turbinas de producción de energía eléctrica.
- Hornos de elevada temperatura, en los que una intervención supone enfriar y volver a calentar el horno, con el consiguiente gasto energético y con las pérdidas de producción que trae asociado.
- Equipos rotativos que trabajan de forma continua.
- Depósitos reactores o tanques de reacción no duplicados, que sean la base de la producción y que deban mantenerse en funcionamiento el máximo número de horas posible.

### **3.1.3 Técnicas de mantenimiento**

Al momento de diseñar un plan de mantenimiento es crucial determinar la estrategia que mejor se adapte a nuestro caso, basándonos en el cumplimiento de los objetivos que nos proponíamos en nuestro plan de mantenimiento.

Existen tres técnicas fundamentales de mantenimiento:

- a) **Técnica basada en instrucciones de fabricantes**, la cual es la más sencilla de todas, ya que nos basaremos en las recomendaciones por los fabricantes. Consiste en determinar y elaborar las tareas que debemos aplicar en el plan de mantenimiento para los equipos que están dentro del árbol jerárquico de equipos, basándonos en los manuales de fabricante [18].
- b) **Técnica basada en protocolos genéricos por tipo de equipo**, que consiste en que cuando se escoge un equipo, podemos basarnos en protocolos genéricos para definir qué tareas de mantenimiento se deben aplicar en ese equipo, es decir actividades generales específicas para equipos del mismo estilo [18].

- c) **Técnica basada en RCM (reliability centred maintance).** La cual es la más detallada y exhaustiva de las tres técnicas, donde para llevar el plan de mantenimiento a cabo debemos realizar lo siguiente [18]:
- Una lista con todos los sistemas y sub sistemas con los que cuenta la empresa, así como también una lista con los principales equipos que conforman cada sub sistema.
  - Determinar y estudiar las especificaciones técnicas de los equipos de cada sistema y sub sistema.
  - Definir todas las funciones primarias y secundarias que se pueden sacar de la información de las especificaciones anteriormente nombradas.
  - Determinar los modos de fallo de los equipos, que no son más que aquellos que impedirían que se logre la función de estos.
  - Realizar un listado con medidas preventivas para evitar estos modos de fallo.
  - Agrupar todo el conjunto de tareas de mantenimiento por tipos, donde podemos incluso realizar un documento con el plan de formación y listado de herramientas y recursos que necesitamos para llevar todo el mantenimiento a cabo.

#### **3.1.4 Normativas en el mantenimiento**

Algunos equipos están sometidos a normativas o a regulaciones por parte de la misma entidad, ya que son equipos que entrañan riesgos para las personas o para el entorno, por lo que se exige la realización de una serie de tareas, pruebas e inspecciones, que incluso algunas de ellas deben ser realizadas por empresas debidamente autorizadas para llevarlas a cabo. Estas tareas deben incorporarse al Plan de Mantenimiento del equipo, sea cual sea el modelo que se decida aplicarle.

Algunos de los equipos sometidos a este tipo de mantenimiento conocido como mantenimiento legal, son los siguientes [19]:

- Equipos y aparatos a presión.
- Instalaciones de Alta y Media Tensión.

- Torres de Refrigeración.
- Determinados medios de elevación, de cargas o de personas.
- Vehículos.
- Instalaciones contra incendios.
- Tanques de almacenamiento de determinados productos químicos.

Además de las normativas que las entidades someten a los operarios para los equipos, en Colombia existen leyes que respaldan la utilización y buen manejo de un plan de mantenimiento para equipos, de las cuales pueden destacarse las siguientes:

- NTC ISO 17025:2017 *“Requisitos generales para las competencias de los laboratorios de prueba y calibración”*.
- NTC ISO 9001:2015 *“Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos”*.
- GTC 45:2010 *“Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional”*.
- NTC – OHSAS 18001:2007 *“Sistemas de gestión en seguridad y salud ocupacional. Requisitos”*.
- GTC 62:1999 *“Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología”*.

### **3.1.5 Actividades básicas de mantenimiento**

Las actividades básicas de mantenimiento rutinario necesarias para soportar cualquier tipo de equipo incluyen inspecciones periódicas, ajustes, limpieza, lubricación, apriete, alineación y aplicación de mantenimiento correctivo cuando una condición del equipo pasa a ser insatisfactoria [18].

Acciones y actividades como las siguientes son fundamentales en cualquier plan de mantenimiento:

- Se deben eliminar con rapidez los desperdicios, manchas de grasa, residuos de sustancias peligrosas y demás residuos que puedan originar



accidentes o contaminar al equipo y al ambiente de trabajo que se encuentren equipos e instalaciones.

- Tener los equipos e instalaciones en constante revisión es una actividad que nos ayuda a prevenir las posibles fallas que puedan presentarse más adelante, por lo que esta actividad es de las más fundamentales que se debe realizar en el mantenimiento.
- Realizar ajustes al funcionamiento de los equipos cuando los requieran, así como también el apriete a tuercas y tornillos que no presenten el suficiente torque y conlleve a vibraciones en los equipos que afecten su funcionamiento.
- Equipos que contienen elementos que son sometidos a fricción por el contacto entre piezas, presentan desgaste con el transcurso del tiempo y la permanencia de su uso, por lo cual es recomendable solo para este tipo de equipos que cuenten con esta peculiaridad sean lubricados con aceites y lubricantes especiales. No todos los equipos e instrumentos deben ser sometidos a lubricación ya que al realizarse en equipos que no lo requieran puede producir oxidación y corrosión en sus partes.

### **3.1.6 Periodicidad de actividades de mantenimiento preventivo**

La periodicidad de estas actividades dependerá básicamente de las condiciones de uso del equipo, área de trabajo, criticidad, importancia del equipo y capital disponible para el mantenimiento.

Para hablar de periodicidad, tenemos que aclarar que las rutinas de mantenimiento se clasifican en rutinas diarias y en rutinas a largo plazo [20].

Las rutinas diarias son todas aquellas actividades que debemos realizar antes de empezar a utilizar los instrumentos, como lo son: la inspección visual, limpieza y el ajuste. La aplicación de estas actividades contribuye a la permanencia del equipo en condiciones óptimas de funcionamiento y el no realizarse contribuiría a la presentación de fallos y averías.

Además de las actividades diarias, cada cierto tiempo se deberán realizar actividades un poco más complejas y que requieren de una mayor intervención en el equipo. Estas actividades normalmente resultan siendo un costo elevado por lo cual no se pueden hacer muy seguido, pero que en caso de no realizarse afectarían de manera muy significativa la operatividad y funcionamiento del equipo. El lapso de tiempo en el que deben realizarse estas actividades pueden ser de semanas, meses y hasta años, todo dependiendo de la rigurosidad y criticidad del proceso en que se vea involucrado el equipo.

### **3.1.7 Ordenes de trabajo**

Es el documento o formato que se utiliza para atender una solicitud de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, y es entregado al trabajador quien atenderá el reporte. Este documento describe el trabajo a ejecutar y en él se pueden registrar una serie de datos que posteriormente serán de gran utilidad desde el punto de vista estadístico. Este documento también es utilizado para registrar la recepción de los trabajos que se ejecutaron [21].

El objetivo de las órdenes de trabajo es controlar los recursos humanos, materiales, económicos y técnicos del departamento de mantenimiento.

En la figura 1 se puede describir el diagrama del proceso de mantenimiento, donde primero se tiene la necesidad (1), que es lo que requiere mantenimiento. Con esa necesidad identificada, se realiza una solicitud de mantenimiento (2). Luego el encargado del mantenimiento registra en una bitácora o software de mantenimiento la solicitud de mantenimiento (3), ya sea preventivo o correctivo y se abre la orden de trabajo (4), que será entregada a los operarios del mantenimiento (5) que buscarán en el departamento de almacén los insumidos requeridos si es el caso (6) y llevar a cabo el proceso (7). Se le entrega al usuario el recibo de conformidad (8) y se registra en la base de datos de la bitácora o software la orden de mantenimiento (9) y se realiza el respectivo informe técnico (10).

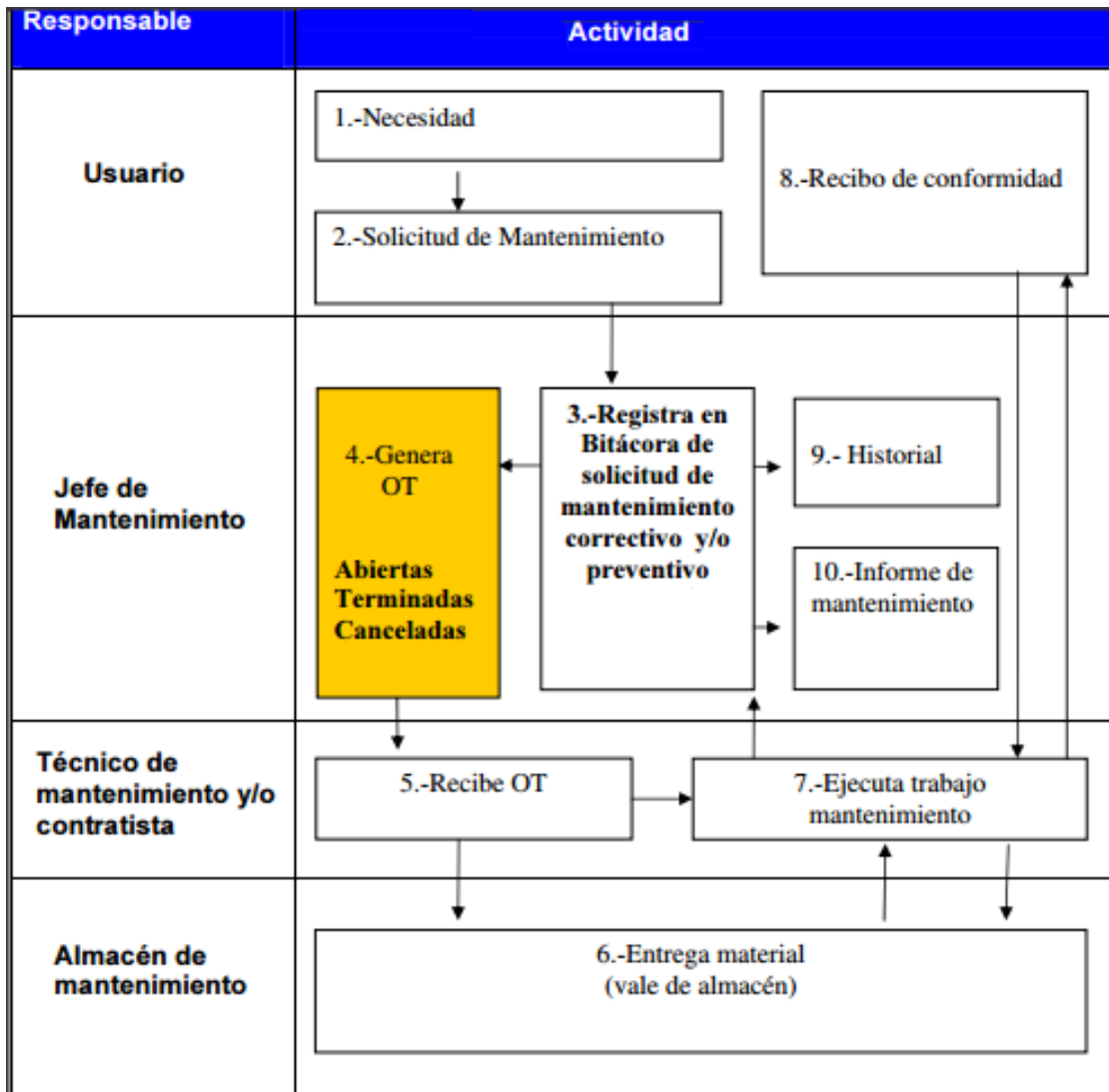


Figura 1. Diagrama de proceso de mantenimiento. Adaptado de [21].

### 3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE BALANZAS

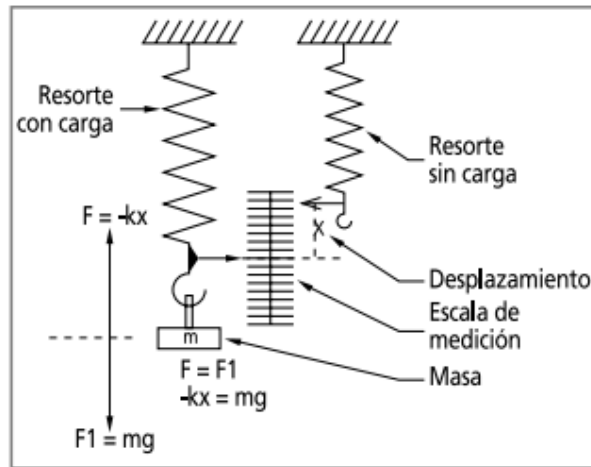
Las balanzas se diferencian entre sí por el diseño, los principios utilizados y los criterios de metrología que utilizan en su funcionamiento, pero podemos definir dos grupos: las balanzas mecánicas y las balanzas electrónicas [22].

#### 3.2.1 Principio de funcionamiento de balanzas mecánicas

Dentro de las balanzas mecánicas podemos encontrar balanzas de resorte, balanza de pesa deslizante, balanza analítica, balanzas de plato superior, balanzas de sustitución, etc.

A continuación se explica el funcionamiento de algunas:

**a) Balanza de resorte.**



**Figura 2. Funcionamiento de balanza tipo resorte. Fuente: [22].**

Su funcionamiento está basado en una propiedad mecánica de los resortes, que consiste en que la fuerza que ejerce un resorte es proporcional a la constante de elasticidad del resorte multiplicada por la elongación del mismo como lo detalla la ecuación 1.

$$F = -k * x \quad (1)$$

Lo anterior implica que mientras más grande sea la masa que se coloca en el platillo de la balanza, mayor será la elongación, siendo la misma proporcional a la masa y a la constante del resorte. La calibración de una balanza de resorte depende de la fuerza de gravedad que actúa sobre el objeto, por lo que deben calibrarse en el lugar de empleo. Se utilizan si no se requiere gran precisión.

### b) Balanza de pesa deslizante.

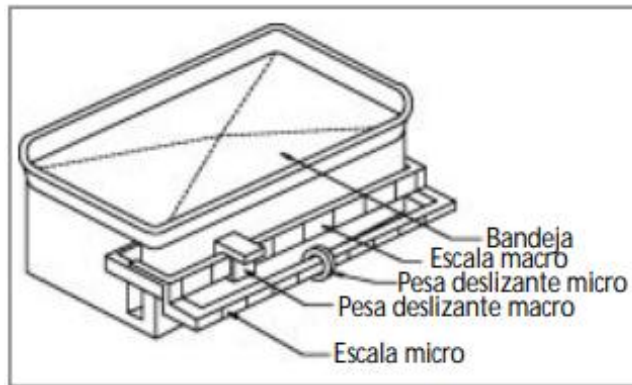


Figura 3. Componentes de balanza de pesa deslizante. Fuente: [22].

Dispone de dos masas conocidas que se pueden desplazar sobre escalas (una con una graduación macro y la otra con una graduación micro). Al colocar una sustancia de masa desconocida sobre la bandeja, se determina su peso deslizando las masas sobre las escalas mencionadas hasta que se obtenga la posición de equilibrio. En dicho momento se toma la lectura sumando las cantidades indicadas por la posición de las masas sobre las escalas mencionadas.

### c) Balanza analítica

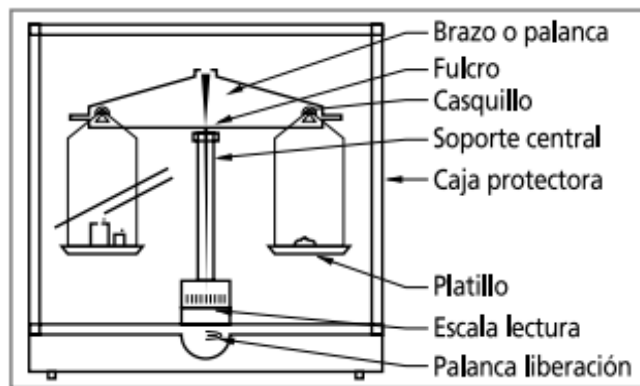


Figura 4. Componentes de balanza analítica- Fuente: [22].

Funciona mediante la comparación de masas de peso conocido con la masa de una sustancia de peso desconocido. Está construida con base en una barra o palanca simétrica que se apoya mediante un soporte tipo cuchilla en un punto central denominado fulcro. En sus extremos existen unos estribos o casquillos que

también están soportados mediante unas cuchillas que les permiten oscilar suavemente. De allí se encuentran suspendidos dos platillos. En uno se colocan las masas o pesas certificadas y en el otro aquellas que es necesario analizar. Todo el conjunto dispone de un sistema de aseguramiento o bloqueo que permite a la palanca principal reposar de forma estable cuando no es utilizada o cuando se requieren modificar los contrapesos. Dispone de una caja externa que protege la balanza de las interferencias, como corrientes de aire, que pudieran presentarse en el lugar donde se encuentra instalada. En la actualidad, se considera que una balanza analítica es aquella que puede pesar diez milésimas de gramo (0,0001 g) o cien milésimas de gramo (0,00001 g); tienen una capacidad que alcanza generalmente hasta los 200 gramos.

Para utilizarlas se requiere disponer de un juego de masas certificadas, el cual dispone de piezas con masa de diversa magnitud.

#### d) Balanza de plato superior.

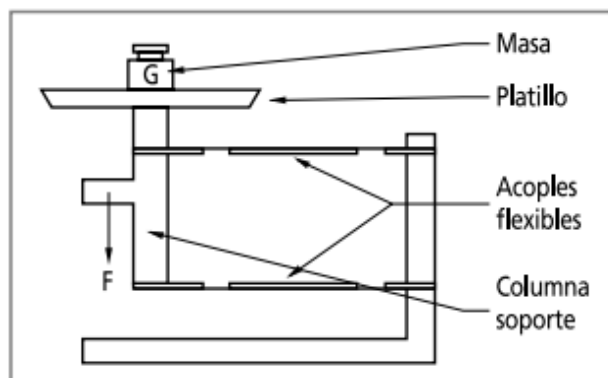


Figura 5. Componentes de balanza de plato superior. Fuente: [22].

Este tipo de balanza dispone de un platillo de carga colocado en la parte superior, el cual es soportado por una columna que se mantiene en posición vertical por dos pares de guías que tienen acoples flexibles. El efecto de la fuerza, producido por la masa, es transmitido desde algún punto de la columna vertical o bien directamente o mediante algún mecanismo a la celda de carga. La exigencia de este tipo de mecanismo consiste en mantener el paralelismo de las guías con una exactitud de hasta  $\pm 1 \mu\text{m}$ . Las desviaciones de paralelismo causan un error

conocido como de carga lateral que se presenta cuando la masa que está siendo pesada muestra diferencias, si la lectura se toma en el centro del platillo o en uno de sus extremos. El esquema que se incluye a continuación explica el principio de operación, el cual algunos fabricantes han introducido a las balanzas electrónicas.

#### e) Balanza de sustitución.

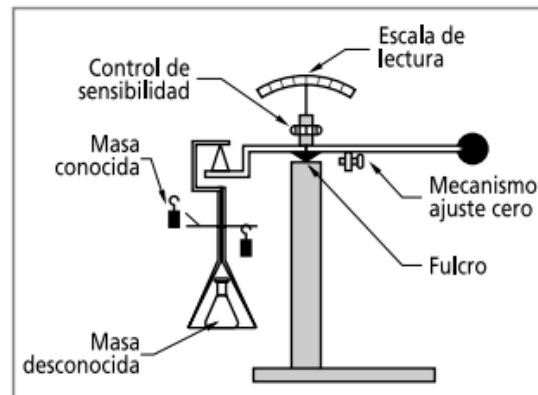


Figura 6. Componentes de balanza de sustitución. Fuente: [22].

Es una balanza de platillo único. Se coloca sobre el platillo de pesaje una masa desconocida que se equilibra al retirar, del lado del contrapeso, masas de magnitud conocida, utilizando un sistema mecánico de levas hasta que se alcance una posición de equilibrio. El fulcro generalmente está descentrado con relación a la longitud de la viga de carga y colocado cerca del frente de la balanza. Cuando se coloca una masa sobre el platillo de pesaje y se libera la balanza del mecanismo de bloqueo, el movimiento de la viga de carga se proyecta mediante un sistema óptico a una pantalla localizada en la parte frontal del instrumento.

#### 3.2.2 Principio de funcionamiento de balanzas electrónicas

Las balanzas electrónicas involucran tres elementos básicos:

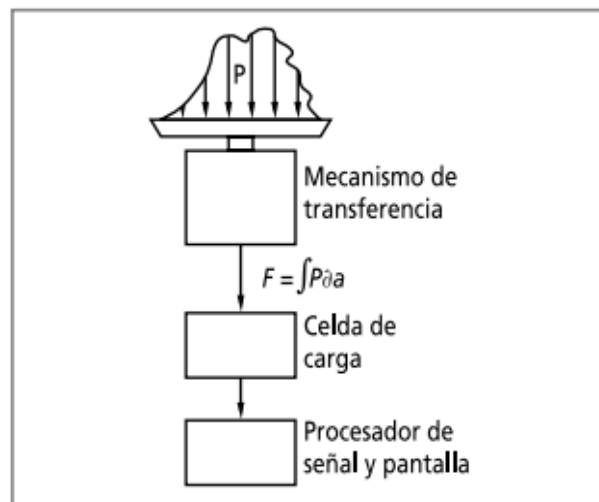
- a) El objeto a ser pesado que se coloca sobre el platillo de pesaje ejerce una presión que está distribuida de forma aleatoria sobre la superficie del platillo. De allí, mediante un mecanismo de transferencia (palancas, apoyos, guías), se concentra la carga del peso en una fuerza simple que puede ser

medida. La ecuación que rige el principio de funcionamiento de estas balanzas es la mostrada en la ecuación (2):

$$F = \int P dA \quad (2)$$

Donde se tiene que la integral de la presión sobre el área permite calcular la fuerza.

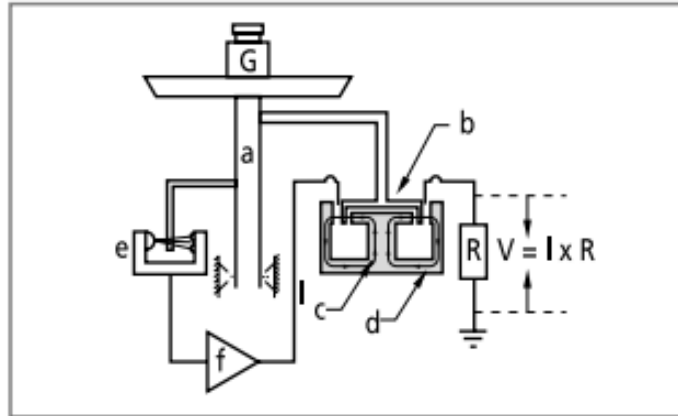
- b) Un transductor de medida, conocido con el nombre de celda de carga, produce una señal de salida proporcional a la fuerza de carga, en forma de cambios en el voltaje o de frecuencia.
- c) Un circuito electrónico análogo digital que finalmente presenta el resultado del pesaje en forma digital.



**Figura 7. Elementos de una balanza electrónica. Fuente: [22].**

El esquema que se presenta a continuación explica la forma en que funciona la balanza electrónica.





**Figura 8. Principio fuerza de compensación. Fuente: [22].**

Las partes móviles (platillo de pesaje, columna de soporte [a], bobina, indicador de posición y carga [G]) son mantenidas en equilibrio por una fuerza de compensación  $F$  que es igual al peso. La fuerza de compensación es generada por el flujo de una corriente eléctrica, a través de una bobina ubicada en el espacio de aire existente en un electroimán cilíndrico. La fuerza  $F$  es calculada mediante la ecuación (3)

$$F = I * l * B \quad (3)$$

Dónde:  $I$  = corriente eléctrica,  $l$  = longitud total del alambre de la bobina y  $B$  = intensidad de flujo magnético en el espacio de aire del electroimán.

Con cualquier cambio en la carga, el sistema móvil responde, desplazándose verticalmente una fracción de distancia, detectada por un foto sensor [e], que como resultado envía una señal eléctrica al servoamplificador [f] que cambia el flujo de corriente eléctrica que pasa por la bobina del magneto [c], de forma que el sistema móvil retorne a la posición de equilibrio al ajustarse el flujo magnético en el electroimán. En consecuencia, el peso de la masa [G] se puede medir de forma indirecta, a partir del flujo de corriente eléctrica que pasa por el circuito midiendo el voltaje, a través de una resistencia de precisión utilizando la ecuación de la ley de Ohm.

$$V = I * R \quad (4)$$

Dónde: V =voltaje, I= corriente eléctrica, y R = resistencia.

El sistema de procesamiento de la señal está compuesto por el circuito que transforma la señal eléctrica, emitida por el transductor de medida en datos numéricos que pueden ser leídos en una pantalla. El proceso de la señal comprende las siguientes funciones:

**a) Tara.**

Se utiliza para colocar en cero el valor de la lectura. Se controla con un botón ubicado generalmente en el frente de la balanza.

**b) Control para ajuste del tiempo de integración.**

Los valores de peso son promediados durante un período predefinido de tiempo. Dicha función es muy útil cuando se requiere efectuar operaciones de pesaje en condiciones inestables. Por ejemplo: presencia de corrientes de aire o vibraciones.

**c) Redondeo del resultado.**

En general las balanzas electrónicas procesan datos internamente de mayor resolución que aquellos que se presentan en la pantalla. De esta forma se logra centrar exactamente la balanza en el punto cero, cuando la balanza es tarada. El valor interno neto se redondea en la pantalla.

**d) Detector de estabilidad.**

Se utiliza en operaciones de pesaje secuencial y permite comparar los resultados entre sí. Cuando el resultado se mantiene, es liberado y puesto en pantalla, aspecto que se detecta al encenderse el símbolo de la unidad de peso seleccionada.

**e) El procesamiento electrónico de las señales.**

Que permite disponer de otras funciones tales como conteo de partes, valor porcentual, valor objetivo, entre otras. Dichos cálculos son realizados por el microprocesador, de acuerdo con las instrucciones que el operador ingresa a través del teclado de la balanza.

### **3.3 MANTENIMIENTO DE BALANZAS**

Sea cuál sea el tipo de balanza, estas deben seguir una serie de actividades que ayuden a mantener un buen funcionamiento y alargue su vida útil, ya que en caso de no seguirse las incertidumbres, errores, fallos y averías se verán reflejadas en los procesos que involucren estos equipos.

Las rutinas de mantenimiento básicas para balanzas se pueden clasificar en rutinas de inspección, limpieza, ajuste y verificación de funcionamiento.

A continuación se muestran las rutinas de mantenimiento general en base a manuales de fabricantes de diversas marcas y empresas prestadoras de servicios de mantenimientos de balanzas [23 – 30].

#### **3.3.1 Inspección**

- Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
- Inspeccionar la plataforma o el lugar en el que se encuentre el equipo, siendo esta un lugar nivelado de alta inercia y que esté libre de equipos u objetos que ejerzan vibración sobre la balanza.
- Verificar que el equipo cuente con todos los componentes completos, y que la placa de identificación se encuentre adherida al mismo.
- Inspeccionar el sistema mecánico, eléctrico o electrónico según corresponda.
- Realizar un examen minucioso de forma visual de cada componente del equipo en búsqueda de rasguños, golpes, hendiduras, decoloración, oxidación o cualquier otro factor que afecte la apariencia e integridad del equipo.
- Los equipos que cuenten con daños no reparables deberán ser sometidos a corrección o en su defecto, ser cambiados, dependiendo del tipo de daño que presente.

### **3.3.2 Limpieza**

- Se deben realizar todo tipo de limpiezas en el mismo sitio de trabajo de la balanza, sin moverse, inclinarse o cambiar de lugar ya que una manipulación incorrecta de esta podría significar daños costosos.
- Verificar que el equipo no se encuentre conectado y proteger con plástico todo elemento eléctrico y/o electrónico.
- Realizar limpieza externa del equipo, quitando el polvo y suciedad con un paño o pedazo de tela limpio. Nunca se debe soplar para limpiar, ya que la suciedad o los materiales derramados de las muestras podrían depositarse en el interior de la balanza generando daños mayores.
- Para retirar sustancias pegajosas de la superficie, utilizar un paño húmedo sin pelusas y disolvente suave (isopropanol o etanol al 70%). No utilizar materiales abrasivos ya que desgastan la resistencia de la superficie, genera anomalías en la estructura y afecta la apariencia del equipo.
- No verter directamente sobre la balanza líquidos para la limpieza de esta. Se debe utilizar un paño para esto.
- Desmontar piezas que se puedan quitar sin herramientas y que cuya remoción se describa en el manual de fabricante, y realizar limpieza de estas.

### **3.3.3 Ajuste y verificación de funcionamiento**

- Verificar que la balanza se encuentre nivelada. En balanzas mecánicas, esto se logra mediante mecanismos de ajuste roscado, ubicados en la base de la balanza. El nivel se logra centrando una burbuja sobre una escala visible en la parte frontal de la base de la balanza.
- Verificar la graduación de cero, colocando en cero los controles de la balanza y liberándolo de todo peso encima. En caso de no estar en cero, para balanzas mecánicas es necesario ajustar el mecanismo de ajuste de cero que es un tornillo estriado ubicado en posición horizontal cerca al fulcro. Para esto es necesario bloquear la balanza y ajustar suavemente el

citado mecanismo. El proceso continúa hasta que el cero ajuste correctamente en la escala de lectura. Para balanzas eléctricas se consigue esto presionando el botón “tara”.

- Verificar el ajuste de sensibilidad de la balanza colocando un peso patrón conocido equivalente al rango de la escala óptica en el platillo, colocar la graduación de la década de peso inferior en (1), liberar la balanza y ajustar el punto cero. Se debe colocar la graduación de la década de peso inferior nuevamente en (0). La balanza debe marcar 100. En caso marque distinto de 100 se debe ajustar el control de sensibilidad. Se debe bloquear la balanza, levantar la cubierta superior y girar el tornillo de sensibilidad. Si la escala marca más de 100, se debe girar el tornillo en el sentido de las agujas del reloj y si la escala marca menos de 100, es necesario desenroscar el tornillo. Luego de esto, se debe repetir el proceso hasta que quede ajustada la balanza.
- Para balanzas con recipientes, verificar que se encuentren correctamente cerrados.
- Cada vez que se cambie de lugar la balanza, se deben realizar los respectivos ajustes. Estos ajustes también se deben realizar si las condiciones de trabajo y de ambiente varían afectando el funcionamiento del equipo.

### **3.4 METROLOGÍA EN COLOMBIA**

En Colombia, desde 1853 mediante un decreto, se declaró la adopción del sistema métrico decimal, el cual nació en Francia y consistió en tratar de unificar las medidas que hasta ahora en el mundo eran diferentes según la región. Se determinó que el metro es la unidad básica de longitud y se definieron también sus múltiplos y submúltiplos.

Los Estados miembros son países que han ratificado el Convenio OIML y que han enviado oficialmente el instrumento de adhesión al Gobierno francés, así mismo

están moralmente obligados a aplicar en la medida de lo posible las decisiones de la Conferencia Internacional de Metrología Legal y, en particular [31].

Por esta razón, al ser Colombia un estado miembro muestra un punto importante pues a partir de las recomendaciones y la adopción de los más estrictos estándares trazados por la OIML en materia de control de mediciones, puede normalizar las pautas de los productos nacionales con el fin de obtener beneficios en el comercio en general y en las relaciones de consumo.

Los organismos que regulan la metrología en Colombia son los siguientes:

- Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).
- Organización Internacional de Normalización (ISO).
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- Oficina Nacional de Pesos y Medida (BIPM).
- Cooperación Internacional para la Acreditación de Laboratorios (ILAC).
- Organización Internacional de Metrología Legal (OIML).

Las siguientes normas están relacionadas con la metrología en Colombia:

- Decreto 2269 de 1993. “Sistema Nacional de normalización, certificación y metrología”.
- ISO 9000 de 2015. “Sistema de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario”.
- ISO 9001 de 2015. “Sistemas de gestión de la calidad”.
- ISO 14001 de 2015. “Sistemas de gestión ambiental”.
- ISO 17025 de 2017: “Sistemas de gestión de la calidad”.

#### **3.4.1 Metrología legal**

De acuerdo al Decreto 1074 de 2015, modificado por el Decreto 1595 de 2015 define la Metrología Legal como la parte de la metrología (ciencia de las mediciones) relacionada con las actividades que se derivan de los requisitos legales que se aplican a la medición, las unidades de medida, los instrumentos de

medida y los métodos de medida que se llevan a cabo por los organismos competentes [32].

La metrología Legal en Colombia es controlada y desarrollada por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), con el objetivo de garantizar la fé pública en los intercambios comerciales.

La Metrología Legal impacta no solo en el sector salud, también está presente en el comercio, en el ejercicio diario de la adquisición de bienes por peso, en la compra de combustible y en la prestación de los servicios públicos domiciliarios.

Las empresas tienen la responsabilidad de implementar programas de aseguramiento metrológico, de forma tal que permita dar confiabilidad a las mediciones y sus resultados dentro del rango de exactitud requerido.

El programa de aseguramiento metrológico comprende la identificación de los instrumentos de medición requeridos, rangos y tolerancia de medición, relacionados directamente con los procesos de fabricación, así como los ensayos y pruebas que realizan, atendiendo el procedimiento de control de calidad de los productos.

#### **3.4.2 Sistema de aseguramiento metrológico**

Podemos definir un SAM como conjunto de operaciones asumidas por las instituciones públicas o privadas, para generar confianza en los clientes, usuarios, grupos investigativos, a los procesos y a ellas mismas, con el fin de entregar un producto conforme a las exigencias del medio o de una norma. El plan de actividades en un Sistema de aseguramiento metrológico se debe diseñar de manera única para un proceso de medición determinado. Se requiere conocer las variables metrológicas del proceso y de los instrumentos de medición utilizados para dicho proceso. [33]

Para la implementación del SAM se deben responder, entre otras, las siguientes inquietudes:

- ¿Qué vamos a medir?
- ¿Qué rango vamos a medir?
- ¿Qué precisión requiere la medición?
- ¿Qué error máximo permitido?
- ¿Qué método debo aplicar en la medición?
- ¿Cuál es la frecuencia de uso del instrumento de medición?
- ¿Cuál es el costo – beneficio de la medición en el proceso?
- ¿Cuáles son las condiciones ambientales que requiere el proceso de medición?
- ¿Qué necesidades cubre el instrumento durante el proceso:
- ¿Uso diario?
- ¿Área control calidad?
- ¿Instrumento patrón?
- ¿Cuál es el costo de la medición?
- ¿Cuál es el costo del instrumento?
- ¿Cuál es el costo para obtener las condiciones de la medición?
- ¿Cuál es el costo de la capacitación y actualización?
- ¿Cuál es el costo de los patrones?
- ¿Cuál es el costo de la calibración de los instrumentos?
- ¿Cuál es el costo de la calibración de los patrones?
- ¿Cómo me ayudan los métodos alternos?, ¿Son válidos?, ¿Qué costo tienen?
- ¿Cuál es el estado financiero de la empresa o institución?

Una vez resuelta, entre otras, estas inquietudes se podrán empezar a diseñar un eficaz y eficiente Sistema de Aseguramiento Metrológico que garantice la confiabilidad de las mediciones.

### **3.5 CALIBRACIÓN**

Según la referencia **2.39** del VIM se define la calibración como “operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de



los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación” [34].

La calibración determina las características metrológicas del instrumento o del material de referencia y comprende la medición del patrón o instrumento cuyo valor queremos determinar por comparación con un patrón de referencia, comprobar si el valor obtenido está dentro de los límites establecidos para la función a realizar, y en caso de estar fuera de los límites, efectuar el correspondiente ajuste o calibración del patrón o equipo de medición. Es algo primordial para la calidad de los laboratorios donde se utilicen instrumentos de medición, tener en cuenta ciertas normativas como las siguientes:

Según la ISO/IEC 17025:2017 [35] en la sección 5.5.2 “se deben establecer programas de calibración para las magnitudes o los valores esenciales de los instrumentos cuando dichas propiedades afecten significativamente a los resultados.” según la ISO 9001:2000 en la sección 7.6 “Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe a) calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación.”

Las actividades pertinentes a la calibración en las balanzas son las siguientes:

- Repetibilidad de lecturas.
- Descentralización de cargas (excentricidad).
- Corrección de calibración.

### **3.5.1 Repetitividad de las lecturas**

La repetitividad de la balanza es una medida de lo bien que ésta será capaz de medir de forma repetitiva una masa. Junto con el resto de las pruebas a realizar, nos asegura que el valor de la masa obtenido es el correcto.

La repetibilidad de las medidas se expresa normalmente en términos de la desviación típica obtenida de una serie de lecturas repetidas, como mínimo 5 veces y 3 veces como mínimo en el caso en que la pesa o pesas sean mayores de 100 kg. Para una buena balanza el valor obtenido de esta diferencia nunca debería exceder tres veces su resolución [36].

La repetibilidad deberá realizarse siempre de manera que simule lo más realmente posible la utilización habitual de la balanza. La manera de realizar el estudio de repetibilidad será, una vez ajustado el cero, colocar y quitar la masa o masas patrón un número de veces acorde con lo descrito anteriormente, anotando, cada vez que se obtenga la estabilidad, el valor indicado. Después de cada retirada de la masa se deberá comprobar que la indicación es cero ajustándose si no fuese así antes de continuar.

Las condiciones de repetibilidad comprenden:

- El mismo procedimiento de medida.
- El mismo observador.
- El mismo instrumento utilizado en las mismas condiciones.
- El mismo lugar.
- Repetición de las medidas en un corto periodo de tiempo.

### **3.5.2 Descentralización de cargas (excentricidad)**

Este efecto se produce cuando el centro de masas de las pesas a medir no coincide con el centro del platillo, dando lugar a desviaciones o defectos de descentramiento.

Es difícil dar valores que puedan utilizarse para corregir las lecturas de la balanza, porque el efecto, no siempre es lineal con respecto a la carga o la posición. Este ensayo, se realiza para estudiar las diferencias en las lecturas de la balanza, cuando las cargas se sitúan fuera del centro geométrico del plato [36].

Para determinar el efecto de descentramiento de carga, se debe colocar la masa o masas patrón en el centro del platillo en la posición 1 según indica la figura 9 y efectuar la lectura. Después de esto, se debe realizar la misma operación con las

masas en las posiciones 2, 3, 4 y 5 haciendo la lectura correspondiente en cada posición y anotando los resultados en una tabla adecuada.

La medida de este efecto vendrá dada por la diferencia entre el valor obtenido en la posición central y cada uno de los valores obtenidos en el resto de las posiciones. Los errores observados dependerán de lo lejos que se sitúen las masas del centro del platillo.

Este efecto se medirá a 1/3 o mitad del rango total de la balanza puesto que el efecto no es lineal, por lo que se evita así el riesgo de producir algún daño en el mecanismo de la balanza al situar grandes cargas lejos del eje del platillo.

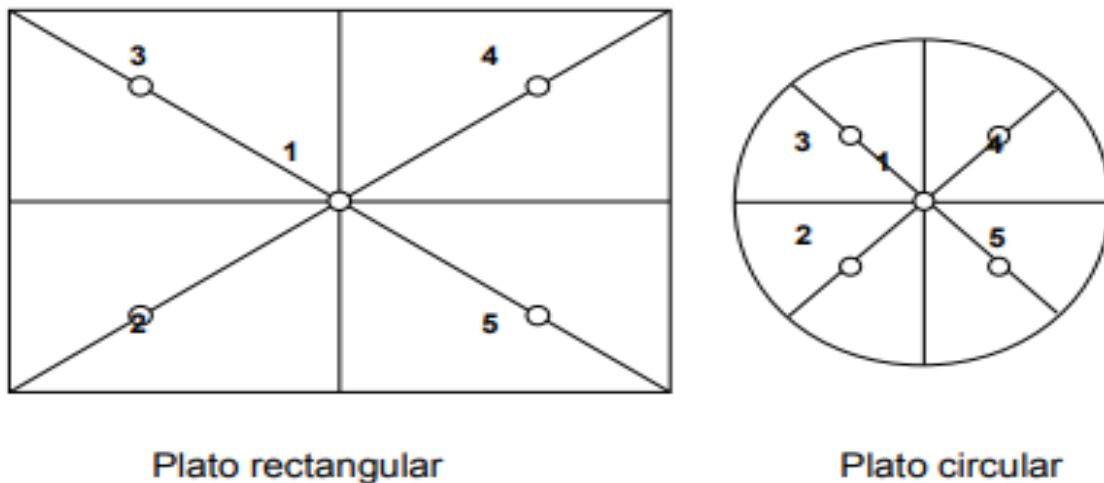


Figura 9. Distribución de cargas en los platos para la calibración. Fuente: [36].

### 3.5.3 Certificado de calibración

ONAC es el organismo nacional de acreditación de Colombia por designación del gobierno nacional. Constituida en 2007, ONAC tiene como objeto principal acreditar la competencia técnica de organismos de evaluación de la conformidad, ejercer como autoridad de monitoreo en buenas prácticas de laboratorio de la organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE) y desempeñar las funciones de organismo nacional de acreditación de Colombia, conforme con la

designación contenida en el capítulo 26 del decreto 1074 de 2015 y las demás normas que los modifiquen, sustituyan o complementen.

Un certificado de calibración es un documento físico o digital que contiene los resultados de la calibración de un instrumento de medida que debe presentarse de manera exacta, clara y objetiva. El producto de una calibración es la relación entre las lecturas de un instrumento y los valores indicados por un patrón. Es posible que estos instrumentos, una vez calibrados, se usen para medir otros, en cuyo caso los instrumentos calibrados tendrán a su vez la función de patrones [2].

Según la NTC-ISO/IEC 17025 de 2017 en la sección 5.10.2 informes de ensayos y certificados de calibración, estos deben contener la siguiente información (salvo que el laboratorio tenga razones para no hacerlo):

- Un título.
- Nombre y dirección del laboratorio y lugar donde se realizaron las calibraciones caso tal no haya sido en la dirección del laboratorio.
- Nombre y dirección del cliente.
- Identificación del método usado.
- Una descripción, la condición y una identificación no ambigua del o los ítems ensayados o calibrados.
- La fecha de recepción del o los ítems sometidos al ensayo de calibración, cuando esta sea esencial para la validez y la aplicación de los resultados.
- Los resultados de las calibraciones con sus unidades de medida, cuando correspondan.
- El o los nombres, funciones y firmas o una identificación equivalente de la o las personas que autoricen el certificado de calibración.
- Una declaración de que los resultados solo están relacionados con los ítems calibrados cuando corresponda.

Además de estos requisitos, en la sección 5.10.4.1 de la NTC-ISO/IEC 17025 de 2017, se tiene que cuando sea necesario la interpretación de los resultados de la calibración, se debe incluir lo siguiente:

- Las condiciones bajo las cuales fueron hechas las calibraciones y que tengan una influencia en los resultados de la medición.
- La incertidumbre de la medición y/o una declaración de cumplimiento con una especificación metrológica identificada o con partes de esta.
- Evidencia de que las mediciones son trazables.

Los instrumentos de medida se clasifican en instrumentos de referencia y en instrumentos de trabajo, sirviendo los primeros para calibrar los últimos. Cada instrumento calibrado obtiene un certificado de calibración que garantiza la exactitud y trazabilidad, no debiendo incluir recomendación alguna sobre el intervalo de calibración excepto que haya sido acordado con el cliente (5.10.4.4 ISO 17025:2017). El desgaste y envejecimiento de los equipos de medición son los que marcan los intervalos de calibración. Cada instrumento de medición deberá tener visible una etiqueta de calibración, que indican si el mismo puede utilizarse, tiene limitaciones en su uso o si están fuera de servicio.

### **3.6 DOCUMENTO OIML-D10**

Los métodos propuestos por el documento OIML-D10 "*Lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición*" de la edición del año 2007, permiten establecer por medio de un análisis estadístico y cualitativo un intervalo de calibración de un instrumento.

Algunos de estos métodos son analizados a continuación:

#### **3.6.1 Ajuste automático o escalera**

Cada vez que un instrumento es calibrado de forma rutinaria, el intervalo posterior se extiende si, se encuentra que se está dentro de, por ejemplo, el 80% del error máximo permitido admisible para la medición; o reducido si, se encuentra que se excede el error máximo permitido. Esta respuesta "escalera" podría producir un ajuste rápido de los intervalos y es realizado fácilmente sin un esfuerzo

administrativo. Cuando los registros se conservan y utilizan, se darán a conocer posibles problemas con un grupo de instrumentos indicando la necesidad de una modificación técnica o de mantenimiento preventivo.

Una desventaja de los sistemas que tratan individualmente a los instrumentos es que podría ser difícil mantener la carga de trabajo de calibración ordenada y balanceada, además que requiere una planificación anticipada detallada. Sería inapropiado llevar un intervalo a los extremos utilizando este método. El riesgo asociado a retirar un gran número de certificados emitidos, o volver a realizar un gran número de trabajos podría ser en última instancia inaceptable [4].

### **3.6.2 Carta control**

Los gráficos de control son una de las herramientas más importantes del control de calidad estadístico (SQC por sus siglas en inglés) y ha sido bien descrita en publicaciones. En principio, funciona de la siguiente manera: se eligen puntos de calibración significativos y los resultados se grafican en contra del tiempo. De estos gráficos, se calcula tanto la dispersión de los resultados como la deriva, la deriva siendo tanto la deriva media de un intervalo de calibración, o en el caso de instrumentos muy estables, la deriva de varios intervalos.

A través de estas figuras, se podría calcular el intervalo óptimo de calibración. Este método es difícil de aplicar (en efecto, es muy difícil de aplicar en el caso de instrumentos complejos) y prácticamente solo puede ser utilizado con un procesador de datos automático. Antes de comenzar los cálculos, se requiere un amplio conocimiento sobre la ley de la variabilidad del instrumento, o de instrumentos similares. De nuevo, es difícil lograr una carga de trabajo balanceada. Sin embargo, es permisible una variación considerable de los intervalos de calibración sin invalidar los cálculos; la confiabilidad puede ser calculada y, en teoría al menos, da un intervalo de calibración eficiente. Además, el cálculo de la dispersión de los resultados indican si los límites especificados por el fabricante son razonables y el análisis del sesgo encontrado podría ayudar a encontrar la causa de la deriva [4].

### **3.6.3 Tiempo en uso**

Este es una variación de los métodos anteriores. El método básico permanece inmutable, pero el intervalo de calibración es expresado en horas de uso, en lugar de meses calendario. Al instrumento se le equipa con un indicador de tiempo transcurrido y se manda a calibrar cuando el indicador alcanza un valor especificado. Ejemplos de estos instrumentos son termopares, utilizados a temperaturas extremas, comprobador de peso muerto para presión de gas, medidores de longitud (es decir: instrumentos que podrían ser afectados por desgaste mecánico).

La ventaja teórica importante de este método es que el número de calibraciones realizadas y por consecuencia, el costo de las calibraciones, es una función directa del tiempo que se ha utilizado el instrumento.

Además, se realiza una verificación automática de la utilización del instrumento. Sin embargo, existen varias desventajas prácticas al utilizar un comprobador automático, incluyendo:

- No puede ser utilizado con instrumentos pasivos (ej. atenuadores) o patrones (resistencia, capacitancia, etc.);
- No debería ser utilizado cuando se conoce que un instrumento tiende a la deriva o se deteriora en almacenamiento, o al manipularse, o al ser sometido a un número de ciclos cortos de encendido-apagado;
- El costo inicial de la provisión e instalación de temporizadores adecuados es alto, y, puesto que los usuarios podrían interferir con ellos, se podría necesitar de supervisión, lo que a su vez aumentaría más los costos.

Es aún más difícil lograr un flujo de trabajo estable que con los métodos descritos anteriormente, ya que el laboratorio (de calibración) no tiene conocimiento de la fecha en que el intervalo de calibración va a terminar [4].

### **3.6.4 Comprobación en servicio o caja negra**

Este es una variación de los métodos 1 y 2 y es particularmente adecuado para instrumentos complejos o consolas de ensayos. Parámetros críticos son

Controlados frecuentemente (una vez al día o con mayor frecuencia) mediante equipo de calibración portable, o preferiblemente, por una “caja negra”, específicamente hecha para controlar los parámetros seleccionados. Si se encuentra que el instrumento está fuera del error máximo permisible por la “caja negra”, se enviará a una calibración completa.

La principal ventaja de este método es que proporciona una disponibilidad máxima para el usuario del instrumento. Es muy adecuado para instrumentos geográficamente separados del laboratorio de calibración, ya que una calibración completa solamente se realiza cuando se sabe es necesaria.

La dificultad radica en decidir los parámetros críticos y diseñar la “caja negra”. Aunque teóricamente este método es muy confiable, es levemente ambiguo, ya que el instrumento podría estar fallando en algún parámetro no calculado por la “caja negra”. Además, las características de la “caja negra” misma podrían no permanecer constantes.

Ejemplos de instrumentos adecuados a este método son densímetros (tipo resonancia); termómetros de resistencia de platino (en combinación con métodos tiempo-calendario); dosímetros (incluyendo la fuente); sonómetros (incluyendo la fuente) [4].

La siguiente es una tabla que establece una comparación cualitativa de los 4 métodos:

**Tabla 1. Cuadro comparativo métodos documento OIML-D10. Fuente: [4].**

	<b>MÉTODO 1 Escalera</b>	<b>MÉTODO 2 Gráfico de control</b>	<b>MÉTODO 3 Tiempo en uso</b>	<b>MÉTODO 4 Caja negra</b>	<b>MÉTODO 5 Otros enfoques</b>
<b>CONFIABILIDAD</b>	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio
<b>ESFUERZO DE APLICACIÓN</b>	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto



<b>CARGA DE TRABAJO EQUILIBRADA</b>	Medio	Medio	Malo	Medio	Malo
<b>APLICABILIDAD</b>	Medio	Bajo	Alto	Alto	Bajo
<b>DISPONIBILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS</b>	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio

#### **4 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del proyecto se siguió la siguiente secuencia metodológica con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos específicos, lo cual conlleva al cumplimiento del objetivo general.

##### **4.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se realizará en todas las fases de desarrollo del proyecto. Implica la selección de documentos, artículos científicos, libros, y toda fuente de información necesaria para el desarrollo e investigación del proyecto presentado.

Se realizará la búsqueda de información en manuales de fabricantes de instrumentos no automáticos de pesaje para describir tareas de mantenimiento para estos equipos, así como también se consultarán proyectos que involucren el desarrollo de planes de mantenimientos y en qué consisten estos.

Se consultará en qué consiste cada uno de los métodos propuestos por la OIML-D10; así como también se realizará la búsqueda de artículos científicos sobre la utilización de estos y otros métodos por investigadores en diferentes tipos de instrumentos.

También se investigará sobre las diferentes normas y leyes establecidas para el gobierno de Colombia en tema de calibraciones, investigaciones, calidad y seguridad en laboratorios.

## **4.2 DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES INVOLUCRADAS EN PLAN DE MANTENIMIENTO**

### **4.2.1 Determinación de actividades del plan de mantenimiento**

Al momento de diseñar un plan de mantenimiento son cruciales los siguientes aspectos [18]:

-Determinar la estrategia que mejor se adapte a nuestro caso, basándonos en el cumplimiento de los objetivos que nos propongamos en nuestro plan de mantenimiento.

-Saber con qué capital y recursos cuenta la empresa en la que nos encontramos para realizar el plan de mantenimiento.

-Determinar las labores de mantenimiento que se realizarán por personal de la institución donde nos encontramos y cuáles se realizarán por terceros, para contar con una lista de contratistas listos para realizar dichas tareas y labores.

-Determinar la periodicidad adecuada para las actividades del plan, teniendo en cuenta que hay equipos que no pueden permanecer mucho tiempo en pausa y que también hay unos que no pueden utilizarse mientras otros estén en mantenimiento.

En este proyecto, se describirá una serie de actividades que se deben seguir para realizar los mantenimientos preventivos respectivos para cada tipo de balanza existente en el inventario de instrumentos de los laboratorios basándonos en las técnicas basadas en manuales de fabricante y en protocolos genéricos, como también se describirá una rutina de manera general para cualquier tipo de balanza en caso tal en el futuro ingrese un nuevo tipo de balanza que no se encuentre actualmente en las instalaciones de los laboratorios de la Universidad del Atlántico.

#### 4.2.1.1 Inventario de balanzas en laboratorios de nutrición y dietética de la universidad del atlántico

Los laboratorios de la Universidad del Atlántico actualmente cuentan con 8 tipos de balanzas diferentes en las instalaciones de sus laboratorios, las cuales son las siguientes:

- Balanzas digitales.
- Balanzas grameras análogas.
- Balanzas grameras digitales.
- Balanzas de peso corporal.
- Balanzas pesa bebés.
- Balanzas médicas.
- Balanzas verticales.
- Balanzas granatarias.

En la siguiente tabla se especifica el inventario de instrumentos de medición de masa de los laboratorios de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico:

**Tabla 2 inventario de balanzas, laboratorio de nutrición y dietética universidad del atlántico. [Elaboración propia].**

Ítem	Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Estado	Capacidad	Resolución	Ubicación
1	Balanza peso corporal	No presenta	3865 HOM 1697	1	Bueno	180 kg	100 g	Consultorio
2	Balanza pesa bebe	Health o meter		1	Bueno	25 kg	125 g	Consultorio
3	Balanza vertical	Health o meter		1	Regular	140 kg	100 g	Consultorio
4	Balanza medica	Detecto		3	Bueno	110 kg	100 g	Lab 101
5	Balanza medica	Detecto		4	Regular	200 kg	100 g	Lab 101

6	Balanza pesa bebe	Health o meter	3865 HOM 1697	3	Bueno	22, 68 kg	100 g	Lab 101
7	Balanza digital	Bernalo	ACS- 30/15	1	Bueno	30/15 kg	200/100 g	Lab 104
8	Balanza digital	Bernalo	JCS-A	1	Bueno	30 kg	1 g	Lab 104
9	Balanza granataria	No presenta		1	Bueno	2,61 kg	0.1 g	Lab 104
10	Gramera manual	Use for family		10	Bueno	5 kg	40 g	Lab 104
11	Gramera manual	No presenta		1	Bueno	10 kg	50 g	Lab 104
12	Gramera digital	No presenta		2	Bueno	10 kg	1g	Lab 104

### 4.3 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PARA BALANZAS

En la siguiente tabla se describirán las actividades planeadas para las balanzas que se encuentran en el inventario de los laboratorios de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico.

Cabe resaltar que para plantear estas actividades se tuvo en cuenta las estrategias basadas en tareas según manual de fabricante y protocolos genéricos.

**Tabla 3 Actividades definidas en el plan de mantenimiento. [Elaboración propia].**

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
<b>INSPECCIÓN</b>	
<b>1</b>	Inspeccionar las condiciones ambientales en las que se encuentra el equipo.
<b>2</b>	Inspeccionar la plataforma o el lugar en el que se encuentre el equipo, siendo esta un lugar nivelado de alta inercia y que esté libre de equipos u objetos que ejerzan vibración sobre la balanza.
<b>3</b>	Desconectar cable de corriente de la balanza en caso tal se encuentre enchufado.
<b>4</b>	Verificar que el equipo cuente con todos los componentes completos, y que la placa de identificación se encuentre adherida al mismo.
<b>5</b>	Inspeccionar el sistema mecánico, eléctrico o electrónico según corresponda.

6	Levantar platillo de pesaje e inspeccionar el estado del brazo donde descansa dicho plato en busca de algún tipo de defecto superficial que pueda afectar el buen funcionamiento de la balanza.
7	Realizar un examen minucioso de forma visual de cada componente del equipo en búsqueda de rasguños, golpes, hendiduras, decoloración, oxidación o cualquier otro factor que afecte la apariencia e integridad del equipo.
8	Inspeccionar estructura general del equipo, así como también bases y apoyos.
9	Inspeccionar estado de cojinetes y barras de medición.
10	Inspeccionar tallimetro y cinta métrica.
11	Inspeccionar la aguja y el tablero del medidor de masa en forma de reloj, que se encuentren en estado de uso, que se logre identificar la resolución que maneja el instrumento.
12	Inspeccionar estado de baterías y porta baterías
<b>LIMPIEZA</b>	
13	Se deben realizar todo tipo de limpiezas en el mismo sitio de trabajo de la balanza, sin moverse, inclinarse o cambiar de lugar ya que una manipulación incorrecta de esta podría significar daños costosos.
14	Verificar que el equipo no se encuentre conectado y proteger con plástico todo elemento eléctrico y/o electrónico.
15	Realizar limpieza externa del equipo, quitando el polvo y suciedad con un paño o pedazo de tela limpio. Nunca se debe soplar para limpiar, ya que la suciedad o los materiales derramados de las muestras podrían depositarse en el interior de la balanza generando daños mayores.
16	Retirar sustancias pegajosas de la superficie, utilizar un paño húmedo sin pelusas y disolvente suave (isopropanol o etanol al 70%). No utilizar materiales abrasivos ya que desgastan la resistencia de la superficie, genera anomalías en la estructura y afecta la apariencia del equipo.
17	Desmontar piezas que se puedan quitar sin herramientas y que cuya remoción se describa en el manual de fabricante, y realizar limpieza de estas.
<b>AJUSTE Y VERIFICACIÓN</b>	
18	Verificar que la balanza se encuentre nivelada. En balanzas mecánicas, esto se logra mediante mecanismos de ajuste roscado, ubicados en la base de la balanza. El nivel se logra centrando una burbuja sobre una escala visible en la parte frontal de la base de la balanza.
19	Volver a colocar la bandeja de pesaje y encender la balanza y diagnosticar la funcionalidad de cada botón con la que cuenta el equipo.
20	Colocar el interruptor en ON y esperar que se estabilicen los ceros en las pantallas, caso contrario hacer reset con el botón de TARA.

21	Verificar la graduación de cero, colocando en cero los controles de la balanza y liberándolo de todo peso encima. En caso de no estar en cero, para balanzas mecánicas es necesario ajustar el mecanismo de ajuste de cero que es un tornillo estriado ubicado en posición horizontal cerca al fulcro. Para esto es necesario bloquear la balanza y ajustar suavemente el citado mecanismo. El proceso continúa hasta que el cero ajuste correctamente en la escala de lectura. Para balanzas eléctricas se consigue esto presionando el botón “tara”.
22	Verificar el ajuste de sensibilidad de la balanza colocando un peso patrón conocido equivalente al rango de la escala óptica en el platillo.
23	Colocar pesos conocidos que estén en el rango de pesaje sobre la balanza y diagnosticar su funcionamiento. Determinar los errores que llegue a presentar.
24	Verificar el funcionamiento de la balanza, determinar su error de medida realizando múltiples repeticiones de pesaje, y determinar si requiere de ajuste o corrección.
25	Colocar la graduación de la década de peso inferior en (1), liberar la balanza y ajustar el punto cero. Se debe colocar la graduación de la década de peso inferior nuevamente en (0). La balanza debe marcar 100. En caso marque distinto de 100 se debe ajustar el control de sensibilidad. Se debe bloquear la balanza, levantar la cubierta superior y girar el tornillo de sensibilidad. Si la escala marca más de 100, se debe girar el tornillo en el sentido de las agujas del reloj y si la escala marca menos de 100, es necesario desenroscar el tornillo. Luego de esto, se debe repetir el proceso hasta que quede ajustada la balanza.
26	Para balanzas con recipientes, verificar que se encuentren correctamente cerrados.
27	Cada vez que se cambie de lugar la balanza, se deben realizar los respectivos ajustes. Estos ajustes también se deben realizar si las condiciones de trabajo y de ambiente varían afectando el funcionamiento del equipo.
28	Limpiar la bandeja de pesaje luego de realizada la prueba de peso.
29	Apagar la balanza, y guardarse en un lugar libre de humedad, riesgos de golpes y radiación de calor.
30	Cualquier sustancia que interfiera con los mecanismos de la balanza retarda su respuesta o alteran definitivamente la medida. En caso se deba realizar, se lubrican los componentes mecánicos internos que el fabricante indique.
<b>CALIBRACIÓN</b>	Se debe realizar proceso de calibración con la periodicidad que se sugiere en este documento.

#### 4.4 PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE PLAN DE MANTENIMIENTO

La programación de actividades en un plan de mantenimiento resulta ser uno de los ítems más importantes, ya que esto definirá cómo se manejarán los

tiempos de los equipos y funcionarios que participen durante todo este proceso.

Para la programación de las actividades planteadas en el plan de mantenimiento para las balanzas de los laboratorios de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Personal para mantenimiento.
- Espacio de trabajo.
- Estado de los equipos.
- Identificar las rutinas diarias.
- Identificar las rutinas a largo plazo.
- Costos asociados al mantenimiento.
- Impacto ambiental.
- Tiempo de actividades de mantenimiento.
- Periodos de clases y trabajo de aulas y laboratorios.

Al realizarse en los laboratorios de la facultad de Nutrición y Dietética, se pueden tener como opciones para técnicos que realicen el mantenimiento de las balanzas: el monitor de aula, docente encargado de laboratorios o personal encargado de mantenimiento general. Cabe resaltar que mientras se realicen estas actividades siempre tiene que estar presente el encargado del laboratorio.

Por la gran cantidad de papel que generan y el estado actual de los equipos (Bueno), no resulta conveniente ni práctico el que estas actividades se realicen diariamente, ya que el uso desmedido de estas hojas de papel para registrar los mantenimientos afectaría de manera negativa el medio ambiente [19]; y si lo miramos desde el punto de vista informático, habría que completar todo un ciclo de una orden de trabajo diariamente lo cual siempre gasta un buen tiempo al funcionario del mantenimiento, por lo que es recomendable generar las hojas de ruta manualmente.

De las actividades asignadas a las balanzas se puede observar que la dificultad de varias de estas tareas es de nivel bajo, por lo que se podría realizar a diario pero por lo dicho anteriormente, no es práctico. Sin embargo, el realizar todas estas actividades sin contar la actividad de calibración se observó un promedio alrededor de 20 a 25 minutos por equipo.

Sabiendo que las aulas tienen sus horarios de uso, se recomienda que estas actividades sean realizadas en un periodo donde estén vacías y desocupadas las aulas o en el caso de hacerse durante un periodo universal de descanso.

Se sacó un promedio para realizar las actividades (a excepción de la calibración) a todos los equipos de 180 a 210 minutos, las cuales se recomienda realizar una vez cada 7 días por el enfoque que se dieron en los párrafos anteriores en un periodo en el que se tenga libre el espacio y tiempo para realizarse todas las actividades.

El plan de mantenimiento con las respectivas hojas de trabajo será entregado a las personas encargadas de los laboratorios de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico.

En la tabla 6 se describe la periodicidad sugerida para cada una de las actividades mencionadas anteriormente para los distintos tipos de balanzas existentes en los laboratorios de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico. Para ello. En la tabla 5 se describen los tipos de balanzas existentes:

**Tabla 4 Clasificación de periodicidad de actividades de mantenimiento. Fuente: [Elaboración propia].**

<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>
<b>S</b>	Actividades semanales
<b>D</b>	Actividades diarias
<b>N/A</b>	No aplica



Tabla 5. Asignación numérica a los diferentes tipos de balanza. Fuente: [Elaboración propia].

BALANZA #	TIPO DE BALANZA
Balanza 1	Digital
Balanza 2	Gramera análoga
Balanza 3	Gramera digital
Balanza 4	Balanza pesa personas
Balanza 5	Balanza pesa bebés
Balanza 6	Balanza médica
Balanza 7	Balanza vertical
Balanza 8	Balanza granataria

Tabla 6. Periodicidad de las actividades de mantenimiento. Fuente: [Elaboración propia].

ACTIVIDAD	PERIODICIDAD DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (DÍAS)							
	Balanza 1	Balanza 2	Balanza 3	Balanza 4	Balanza 5	Balanza 6	Balanza 7	Balanza 8
<b>INSPECCIÓN</b>								
1	D	D	D	D	D	D	D	D
2	D	D	D	D	D	D	D	D
3	D	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	D	D	D	D	D	D	D	D
5	D	D	D	D	D	D	D	D
6	S	S	S	S	S	S	S	S
7	D	D	D	D	D	D	D	D
8	D	D	D	D	D	D	D	D
9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	D	D	D
10	N/A	N/A	N/A	N/A	D	D	D	N/A
11	N/A	D	D	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12	S	N/A	S	S	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>LIMPIEZA</b>								
13	S	S	S	S	S	S	S	S
14	S	N/A	S	S	N/A	N/A	N/A	N/A
15	S	S	S	S	S	S	S	S
16	S	S	S	S	S	S	S	S
17	S	S	S	N/A	S	S	S	S
<b>AJUSTE</b>								
18	S	S	S	S	S	S	S	S
19	S	S	S	S	S	S	S	S
20	S	N/A	S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
21	S	S	S	S	S	S	S	S

22	S	S	S	S	S	S	S	S
23	S	S	S	S	S	S	S	S
24	S	S	S	S	S	S	S	S
25	S	S	S	S	S	S	S	S
26	N/A	S	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
27	S	S	S	S	S	S	S	S
28	S	S	S	S	S	S	S	S
29	S	N/A	S	S	N/A	N/A	N/A	N/A
30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	S	S	S

#### 4.5 DISEÑO DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTOS

Una vez asignadas las tareas de mantenimiento correspondiente a cada uno de los distintos tipos de balanzas que se encuentran en los laboratorios, se diseñaron las plantillas correspondientes a las órdenes de trabajo de cada equipo.

Las plantillas de mantenimiento tendrán en común la siguiente estructura y se diferenciarán entre cada hoja de mantenimiento de equipo solo la información colocada en “INSTRUMENTO”, “DESCRIPCIÓN”, “RESULTADO” y “OBSERVACIONES”.


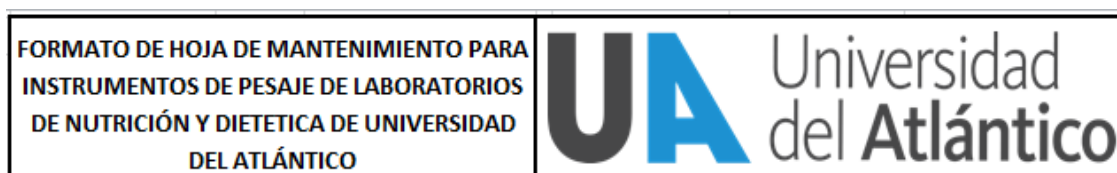
<b>FORMATO DE HOJA DE MANTENIMIENTO PARA INSTRUMENTOS DE PESAJE DE LABORATORIOS DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA DE UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO</b>					
<b>ORDEN DE TRABAJO</b> No.		<b>FRECUENCIA:</b> SEMANAL	<b>FECHA</b> Día:      Mes:      Año:		
<b>ENCARGADO DE LABORATORIO:</b>					
<b>QUIEN REALIZA MANTENIMIENTO:</b>					
<b>INSTRUMENTO:</b>		<b>UBICACIÓN:</b>			
<b>CAPACIDAD DE CARGA (g):</b>		<b>NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:</b>			
<b>RESOLUCIÓN (g):</b>		<b>MARQUE CON UNA (X) EL ESTADO DEL EQUIPO</b>			
<b>MARCA:</b>		<b>Malo ( )</b>		<b>Regular ( )</b>	
<b>SERIAL:</b>		<b>NOTAS:</b>			
<b>HORA INICIO:</b>					
<b>HORA FINAL:</b>					
<b>RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>					
No tocar cables, ni manipular equipos bajo tensión.					
Realizar mantenimiento en superficie plana, lisa, seca y apartada de productos y agentes químicos.					
No trabajar con disolventes fuertes.					
<b>INSTRUMENTO</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>	

Figura 10. Diseño de orden de trabajo. Fuente: [Elaboración propia].

Las plantillas de las órdenes de mantenimiento tendrán la estructura mostrada en la Fig. y tendrá los siguientes Items:

**a) TÍTULO DE FORMATO Y LOGO DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO**



Ambos items se encuentran ubicados en la primera fila en la parte superior, y tendrá como título de orden de trabajo “FORMATO DE HOJA DE MANTENIMIENTO PARA INSTRUMENTOS DE PESAJE DE LABORATORIOS DE NUTRICIÓN Y DIETETICA DE UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO” y al lado derecho se colocará el logo de la Universidad del Atlántico para hacer referencia que es un formato único solo para esta entidad.

**b) NÚMERO DE ORDEN DE TRABAJO Y FRECUENCIA**

<b>ORDEN DE TRABAJO</b> <b>No.</b>	<b>FRECUENCIA:</b> <b>SEMANTAL</b>
---------------------------------------	---------------------------------------

En estos espacios es dónde se asignará el número de la orden de trabajo de forma ascendente y que comenzará desde el número 1 y seguirá avanzando. Este control ayudará a llevar un registro correcto de los mantenimientos.

En el segundo item se colocará la frecuencia con la que debe realizarse el mantenimiento, ya sea diaria, semanal, mensual, anual, etc.

**c) FECHA**

FECHA		
Día:	Mes:	Año:

En este ítem se colocará el día, mes y año exactos de la fecha en que se realizará el mantenimiento.

**d) ENCARGADO DE LABORATORIO Y QUIEN REALIZA EL MANTENIMIENTO**

ENCARGADO DE LABORATORIO:	
QUIEN REALIZA MANTENIMIENTO:	

En los espacios al lado derecho de los títulos de estos dos ítems, se colocará nombre completo y legible de 1) la persona encargada del laboratorio (ya sea un docente, monitor de aula, coordinador de programa, personal de mantenimiento, etc.) y 2) la persona quién realiza el mantenimiento de el/los equipo/s (técnico de mantenimiento, monitor de aula, alumno, etc.).

**e) INFORMACIÓN DEL EQUIPO**

INSTRUMENTO:	(a)	UBICACIÓN:	(d)		
CAPACIDAD DE CARGA (g):	(b)	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	(g)		
RESOLUCIÓN (g):	(c)	MARQUE CON UNA (X) EL ESTADO DEL EQUIPO (h)			
MARCA:	(e)	Malo ( )	Regular ( )	Bueno ( )	
SERIAL:	(f)	NOTAS:			

En los siguientes espacios se colocará la siguiente información:

**INSTRUMENTO:** Nombre del tipo de balanza a la que se realiza mantenimiento.

**CAPACIDAD DE CARGA:** Se colocará la carga máxima en masa que puede medir el equipo según fabricante en unidades de gramos.

**RESOLUCIÓN:** Se anotará la resolución que maneja el equipo en unidades de gramos.

**UBICACIÓN:** Se anotará el lugar donde se encuentra ubicado el equipo, mismo lugar donde debe realizarse el mantenimiento del mismo.

**MARCA:** Marca correspondiente al equipo. En caso de no presentar marca, se debe colocar “NO APLICA”.

**SERIAL:** Serial correspondiente a la marca del equipo. En caso de no presentar serial, se debe colocar “NO APLICA”.

**NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:** Número asignado al equipo para identificarlo entre varias balanzas de un mismo tipo.

**ESTADO DEL EQUIPO:** Se clasificará al equipo según su estado de apariencia en “Malo”, “Regular” y “Bueno”. También contará con un espacio de notas, para las observaciones que se deseen colocar.

#### f) HORA INICIO Y HORA FINAL

<b>HORA INICIO:</b>		
<b>HORA FINAL:</b>		

En estos ítems, se anotarán las horas exactas en qué comenzó y terminó el mantenimiento del equipo.

#### g) RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

<b>RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>
No tocar cables, ni manipular equipos bajo tensión.
Realizar mantenimiento en superficie plana, lisa, seca y apartada de productos y agentes químicos.
No trabajar con disolventes fuertes.

En este espacio se colocarán todos los riesgos que se puedan presentar mientras se realiza la actividad de mantenimiento, así como también las medidas preventivas que se deban cumplir para evitar cualquier tipo de accidentes.

#### **h) INSTRUMENTO, DESCRIPCIÓN, RESULTADOS Y OBSERVACIONES**

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>

En las casillas debajo de estos cuadros, se colocarán: el tipo de instrumento al que se le realizará mantenimiento; las descripciones de las tareas de mantenimiento que se realizarán al equipo; los resultados en caso de anotar cuando se pida en alguna de las tareas; y las observaciones que se requieran o deseen anotar.

Los formatos impresos de estas órdenes de trabajo con sus respectivas actividades de mantenimiento se anexarán al documento, así como a la vez se hará entrega de una plantilla en Excel con todos los formatos de las hojas de mantenimiento.

#### **4.6 BASE DE DATOS DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA BALANZAS**

Se diseñó una plataforma a través de algoritmos por el programa C++ que ayudará a personal de los laboratorios de la facultad de Nutrición y Dietética a llevar un control de las actividades y que cuenten con toda la información de tareas para las distintas balanzas disponibles en estas instalaciones y para cualquier otro tipo de balanzas en general, así como también con información sobre la periodicidad de calibración de dichos instrumentos.

Este programa también cuenta con algoritmos internos que ayudarán a determinar periodicidades de calibración en base a ciertas variables para instrumentos nuevos que no hayan sido tenidos en cuenta para esta

investigación, por motivos de ser adquiridos o trasladados a las instalaciones luego de terminado este proyecto.

La razón principal por la cual se decidió llevar a cabo el diseño de esta base de datos por medio del programa C++ es que este es un ejecutable práctico y fácil de manejar que no necesita ser instalado y tampoco tener instalado el mismo programa de C++, lo cual lo vuelve una gran ventaja con respecto a otros programadores como lo son MatLab, JavaScript o SIMULINK.

El programa cuenta con los siguientes menús:

1. Plan de mantenimiento para balanzas.

Dentro de este menú se encontrarán las distintas actividades para los distintos 8 tipos de balanzas existentes en los laboratorios de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico y para balanzas en general. Dentro de cada uno de los menús de balanzas se pueden averiguar las actividades de inspección, limpieza, ajuste y verificación y la periodicidad de calibración de cada tipo de balanza.





2. Cálculo de periodicidad de calibración para balanzas.

En este menú se podrá hacer consulta de la periodicidad de calibración de instrumentos de pesaje existentes en los laboratorios de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico, así como también de balanzas que lleguen nuevas a las instalaciones. Estos menús para determinar la periodicidad de calibración para balanzas nuevas cuentan con algoritmos que necesitan información de ciertas variables para determinar una cantidad de días.

Este proyecto podrá ser utilizado como apoyo más adelante para llevarse a cabo el diseño de un GMAO (Gestión de mantenimiento Asistido por Ordenador) donde se establezcan todas las actividades de mantenimiento de los diferentes sistemas y sub sistemas con los que cuenta toda la infraestructura de la Universidad del Atlántico.

## 4.7 CLASIFICACIÓN DE BALANZAS

Actualmente en Colombia existe la norma NTC 2031 (Segunda actualización 2014) “Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automáticos. Requisitos metroológicos y técnicos. Pruebas” [37] basada en la norma OIML R-76 “Non-automatic Weighing Instruments Part 1: Metrological and Technical Requirements” [39] para clasificar a los instrumentos para pesar masa por exactitud. En la figura 11 se puede observar la clasificación de estos con su simbología y nomenclatura.

Nombre	Símbolo marcado en el instrumento	Denominación utilizada en esta NTC
Exactitud especial		I
Exactitud alta		II
Exactitud media		III
Exactitud ordinaria		IIII

\* Se permite utilizar óvalos de cualquier forma o dos líneas horizontales unidas por dos semicírculos. No se debe utilizar un círculo porque, de conformidad con OIML R 34 *Clases de exactitud de instrumentos de medición*, éste se reserva para la designación de clases de exactitud de instrumentos de medición, cuyos errores máximos permitidos se expresan mediante un error relativo constante en %.

Figura 11. Clasificación de balanza por exactitud. Fuente: [40].

Es importante definir la clase de instrumento que se tiene para obtener lo siguiente:

- Errores máximos permitidos (EMP).
- La capacidad mínima (Min).
- La exactitud del patrón de masa adecuado para realizar la verificación del instrumento.



Para clasificar los instrumentos se debe obtener el número de divisiones de verificación, utilizando la siguiente ecuación [39]:

$$n = \frac{Máx}{e} \quad (1)$$

Dónde:

- n = número de divisiones de verificación.
- Max = Carga máxima o alcance máxima de medición.
- e = división de verificación.

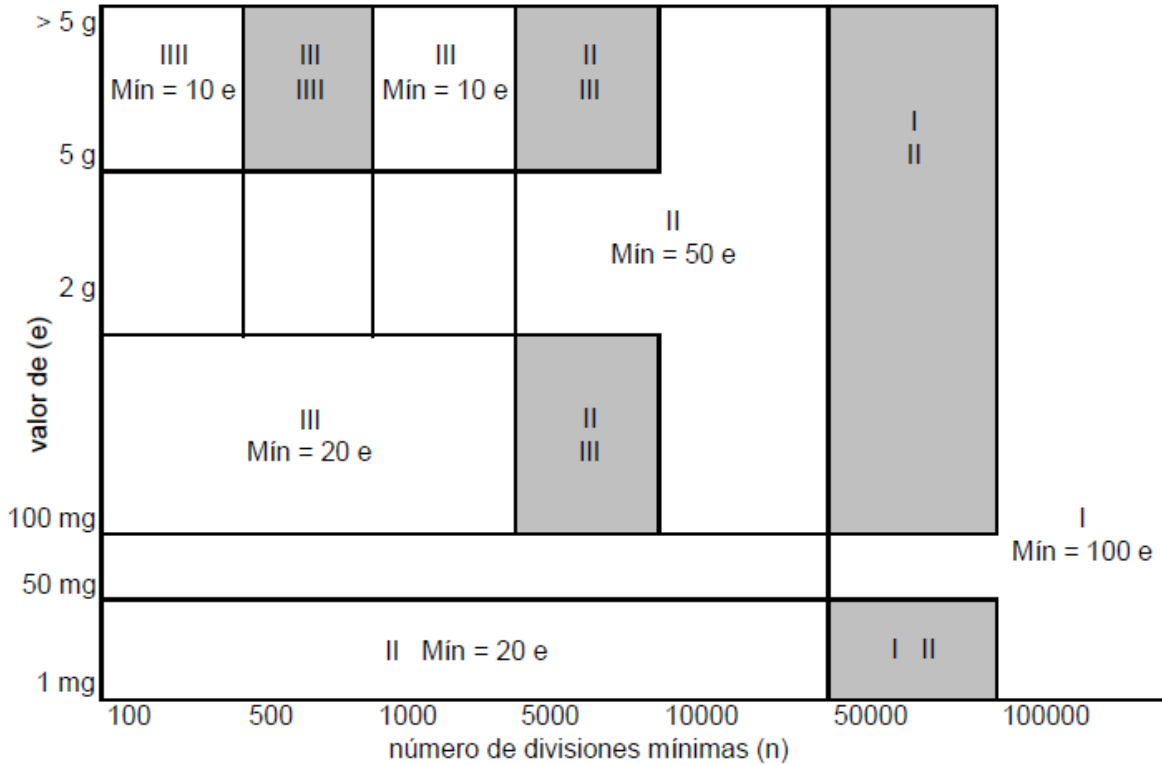
Para determinar la división de verificación para instrumentos de pesaje se debe tener en cuenta la información de la tabla 7.

**Tabla 7. Determinación de división de escala de verificación. Adaptado de: [23].**

<b>MODELO DE INSTRUMENTO</b>	<b>DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN</b>
Graduado, sin dispositivo indicador auxiliar.	$e=d$
Graduado, con dispositivo indicador auxiliar.	e Es seleccionado por el fabricante de acuerdo con los requisitos de 3.2 y 3.4.2
No graduado.	e Es seleccionado por el fabricante de acuerdo con los requisitos de 3.2

Donde “d” es la división real de escala. En los casos donde el fabricante deba indicar el valor de la división de escala de verificación y no lo indique, se toma el valor de  $e=d$ .

Una vez obtenido el valor de “n”, se puede clasificar al instrumento y obtener su capacidad mínima (Min) según la Figura 12. Dónde la ordenada indica el valor de “e” y la abcisa indica el valor de “n”. En el cuadro donde se encuentre la intercepción de estos dos valores se encuentra la clasificación del instrumento de pesaje. Cuando la intercepción de estos dos puntos caiga en el límite entre una clase y otra, es decir, caiga en un cuadro sombreado, se asigna la clase que se encuentra a la izquierda de esta área sombreada, a menos que el fabricante de instrumento indique lo contrario y defina la clase de instrumento.



**Figura 12. Grafica para determinar la clasificación de balanzas por exactitud. Fuente: [22].**

Por ejemplo:

Se tiene un instrumento de capacidad máxima de 6000g con  $d = 0,1$  g y que esta graduado sin dispositivo auxiliar (por lo tanto,  $e = d$ ).

Según la ecuación 1 se tiene que:

$$n = 6000/0,1 = 60000$$

Entonces, según la figura 12, se tiene que este equipo es de clase II con una capacidad mínima de 50e, o sea,  $50 \cdot 0,1g = 5g$ .

En la tabla 8, se pueden apreciar la división de escala de verificación (e), el número de divisiones de escala de verificación (n) y la capacidad mínima (Min) en función de la clase de exactitud del instrumento.

Tabla 8. Determinación de (e), (n) y min según clase de exactitud. Adaptada de: [23].

CLASE DE EXACTITUD	DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN, e	NUMERO DE DIVISIONES DE ESCALA DE VERIFICACIÓN, n=Max/e		CAPACIDAD MÍNIMA MIN (LÍMITE INFERIOR)
Especial (I)	$0.001 \text{ g} \leq e^*$	50.000**	....	100 e
Alta (II)	$0.001 \text{ g} \leq e \leq 0.05 \text{ g}$	100	100.000	20 e
	$0.1 \text{ g} \leq e$	5.000	100.000	50 e
Media (III)	$0.1 \text{ g} \leq e \leq 2\text{g}$	100	10.000	20 e
	$5\text{g} \leq e$	500	10.000	20 e
Ordinaria (III)	$5\text{g} \leq e$	100	1.000	10 e

Una vez obtenida la clase de exactitud del instrumento podemos calcular los errores máximos permitidos. En la tabla 9, se indican los EMT en verificación inicial. Los errores máximos permitidos en servicio deben ser iguales al doble de los errores máximos permitidos en verificación inicial [23].

Tabla 9. Errores máximos permitidos en verificación inicial según clase de exactitud. Adaptado de: [23].

Errores máximos permitidos en la verificación inicial	Para cargas, m, expresadas en divisiones de escala de verificación, e			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
$\pm 0.5 e$	$0 \leq m \leq 50.000$	$0 \leq m \leq 5.000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1.0 e$	$50.000 < m \leq 200.000$	$5.000 < m \leq 20.000$	$500 < m \leq 2.000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1.5 e$	$200.000 < m$	$20.000 < m \leq 100.000$	$2.000 < m \leq 10.000$	$200 < m \leq 1.000$

Tomando el ejemplo anterior con Máx = 6000 g, d= 0,1 g, e= 0,1 g, n=60000, clase II y Min =5g se pueden obtener lo siguiente, sabiendo que en la tabla los valores 0,

5000, 20000, 100000 estan en valores de “n”, por lo que los multiplicamos por “e” para pasarlos a unidades de masa.

**Tabla 10. Errores máximos permitidos para ejemplo dado. Adaptado de: [23].**

<b>EMP</b>	<b>CLASE II</b>	<b>EMP INICIAL</b>	<b>EMP EN SERVICIO</b>
± 0.5 e	0 g ≤ m ≤ 500 g	± 0.05 g	± 0.1 g
± 1.0 e	500 g < m ≤ 2.000 g	± 0.1 g	± 0.2 g
± 1.5 e	2.000 g < m ≤ 6.000 g	± 0.15 g	± 0.3 g

#### **4.7.1 Clasificación de balanzas de los laboratorios de nutrición y dietética de la universidad del atlántico**

Ya definidos los conceptos de clasificación y error máximo permitido, procedemos a clasificar los instrumentos de medición de masa de los laboratorios de la facultad de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico y determinar sus EMP.

En base a la figura 12 y las tablas 8, 9 y 10, se tiene la siguiente tabla donde se encuentra el inventario de instrumentos de medición de masa de los laboratorios de la facultad de Nutrición y Dietética de la Universidad del Atlántico con sus respectivas cargas Máx, división real de escala (d) y valor de la división de escala de verificación (e).

**Tabla 11. Clasificación de instrumentos no automáticos de pesaje de los laboratorios de nutrición y dietética de la universidad del atlántico. Fuente: [Elaboración propia].**

Ítem	Equipo	Max (g)	d (g)	e (g)	N	Clase	Min (g)
1	Balanza peso corporal	180000	100	100	1800	III	1000
2	Balanza pesa bebe	25000	125	125	200	III	1250
3	Balanza vertical	140000	100	100	1400	III	1000
4	Balanza medica 110kg	110000	100	100	1100	III	1000
5	Balanza medica 220kg	220000	100	100	2200	III	1000
6	Balanza digital	30000	10	10	3000	III	200
7	Balanza digital	30000	1	1	30000	II	50
8	Balanza granataria	2610	0.1	0.1	26100	II	5
9	Gramera manual 5kg	5000	40	40	125	III	400
10	Gramera manual 10kg	10000	50	50	200	III	500
11	Gramera digital	10000	1	1	10000	II	50

Según la tabla 11, se puede observar que los laboratorios cuentan con 3 tipos de balanzas de clase III, 5 tipos de balanzas de clase III y 3 tipos de balanzas de clase II.

En base a la información de las tablas 8, 10 y 11, se tienen las siguientes tablas según clase de exactitud para determinar los error máximos permitidos de estas balanzas:

### a) CLASE II

Tabla 12. Errores máximos permitidos para equipos de clase II de los laboratorios de nutrición y dietética de la Universidad del Atlántico. Fuente: [Elaboración propia].

Equipo	EMP	Clase II	EMP inicial	EMP servicio
Balanza digital	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 5000g$	$\pm 0.5g$	$\pm 1.0g$
	$\pm 1.0^*e$	$5000g < m \leq 20000g$	$\pm 1.0g$	$\pm 2.0g$
	$\pm 1.5^*e$	$20000g < m \leq 30000g$	$\pm 1.5g$	$\pm 3.0g$
Balanza granataria	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 500g$	$\pm 0.05g$	$\pm 0.1g$
	$\pm 1.0^*e$	$500g < m \leq 2000g$	$\pm 0.1g$	$\pm 0.2g$
	$\pm 1.5^*e$	$2000g < m \leq 2610g$	$\pm 0.15g$	$\pm 0.3g$
Gramera digital	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 5000g$	$\pm 0.5g$	$\pm 1.0g$
	$\pm 1.0^*e$	$5000g < m \leq 10000g$	$\pm 1.0g$	$\pm 2.0g$

### b) CLASE III

Tabla 13. Errores máximos permitidos para equipos de clase III de los laboratorios de nutrición y dietética de la Universidad del Atlántico. Fuente: [Elaboración propia].

Equipo	EMP	Clase III	EMP inicial	EMP servicio
Balanza peso corporal	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 50000g$	$\pm 50g$	$\pm 100g$
	$\pm 1.0^*e$	$50000g < m \leq 180000g$	$\pm 100g$	$\pm 200g$
Balanza vertical	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 50000g$	$\pm 50g$	$\pm 100g$
	$\pm 1.0^*e$	$50000g < m \leq 140000g$	$\pm 100g$	$\pm 200g$
Balanza medica 110 kg	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 50000g$	$\pm 50g$	$\pm 100g$
	$\pm 1.0^*e$	$50000g < m \leq 110000g$	$\pm 100g$	$\pm 200g$

Balanza medica 220 kg	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 50000g$	$\pm 50g$	$\pm 100g$
	$\pm 1.0^*e$	$50000g < m \leq 200000g$	$\pm 100g$	$\pm 200g$
	$\pm 1.5^*e$	$200000g < m \leq 220000g$	$\pm 150g$	$\pm 300g$
Balanza digital	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 5000g$	$\pm 5g$	$\pm 100g$
	$\pm 1.0^*e$	$5000g < m \leq 20000g$	$\pm 10g$	$\pm 200g$
	$\pm 1.5^*e$	$20000g < m \leq 30000g$	$\pm 15g$	$\pm 30g$

### c) CLASE III

Tabla 14. Errores máximos permitidos para equipos de clase III de los laboratorios de nutrición y dietética de la Universidad del Atlántico. Fuente: [Elaboración propia].

Equipo	EMP	Clase III	EMP inicial	EMP servicio
Balanza pesa bebe	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 6250g$	$\pm 25g$	$\pm 50g$
	$\pm 1.0^*e$	$6250g < m \leq 25000g$	$\pm 50g$	$\pm 100g$
Gramera manual 5 kg	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 2000g$	$\pm 20g$	$\pm 40g$
	$\pm 1.0^*e$	$2000g < m \leq 5000g$	$\pm 40g$	$\pm 80g$
Gramera manual 10 kg	$\pm 0.5^*e$	$0g \leq m \leq 2500g$	$\pm 25g$	$\pm 50g$
	$\pm 1.0^*e$	$2500g < m \leq 10000g$	$\pm 50g$	$\pm 100g$

#### 4.8 APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PROPUESTOS POR LA GUÍA OIML-D10:2007

Para seleccionar los instrumentos que sirvieron como objeto de estudio para la aplicación de estos métodos se tuvo en cuenta lo siguiente [4, 23, 33, 38]:

- La incertidumbre de medición requerida por el proceso de calibración.
- El riesgo de que el error total exceda la tolerancia establecida para el proceso de medición y afecte de forma adversa el mismo.
- Los costos financieros para el caso de que las mediciones afecten de forma adversa los resultados.
- El tipo de instrumentos.
- Recomendaciones del fabricante.
- Condiciones de uso.
- Frecuencia de uso.
- Controles de verificación.
- Transporte y conocimiento técnico de los operadores.
- Impacto de los resultados finales.
- Conocimiento e informaciones previas sobre el comportamiento del equipo.
- Recomendaciones del laboratorio metrológico.
- Un mínimo de tres históricos de calibraciones y ajustes realizados.

De acuerdo a los ítems anteriormente mencionados se escogieron los siguientes tres de los cinco equipos calibrados, ya que estos cumplían con un total de mínimo tres históricos de calibraciones:

- **Balanza 1:** Balanza médica con capacidad de 140kg.
- **Balanza 2:** Balanza pesa bebés con capacidad de 22,68kg.
- **Balanza 3:** Balanza vertical con capacidad de 200kg.

De manera general el período de calibración de un equipo (cuando aplica) se establece inicialmente en forma anual, recomendación que generalmente es emitida por el fabricante. Este criterio tiene su origen en las condiciones que estos deben cubrir al declarar las especificaciones de los equipos; la asociación estadounidense de fabricantes de aparatos científicos (SAMA por sus siglas en



inglés) [39], indica que las especificaciones declaradas por los fabricantes deben mantenerse en el equipo al menos por un año después de su fabricación; sin embargo, con el paso del tiempo puede ser necesario y/o conveniente ajustar dichos intervalos, con el fin de optimizar el balance de riesgos y costos; para ello se pueden tener en cuenta aspectos como:

- Comportamiento del equipo en el tiempo, determinado sobre la base en resultados de verificaciones intermedias realizadas con patrones de trabajo calibrados o materiales de referencia certificados, que evidencien el estado de control metrológico del mismo.
- Disminución o aumento en la frecuencia de uso.
- Comportamiento de la deriva determinada por la re-calibración del equipo que demuestre que periodos de calibración más largos podrían ser factibles sin incrementar los riesgos.

#### **4.8.1 Evaluación de métodos propuestos por la guía OIML-D10:2007**

Para el cálculo del periodo de calibración de los instrumentos no automáticos de pesaje de los laboratorios de la Universidad del Atlántico se compararon dos métodos: el método de carta de control y el método Schumacher (método estadístico que también es utilizado para el cálculo de periodicidad de calibración).

#### 4.8.1.1 Método 1: Schumacher

El método de Schumacher [33] permite establecer un nuevo periodo de calibración por medio de la interpretación de la siguiente tabla:

Tabla 15. Criterio de decisión de método Schumacher. Adaptado de: [33].

Ciclos anteriores	Condiciones del instrumento		
	A	F	C
CCC	P	D	E
FCC	P	D	E
ACC	P	D	P
CF	M	M	P
CA	M	M	P
FC	P	M	P
FF	M	M	P
FA	M	M	P
AC	P	D	P
AF	M	M	P
AA	M	M	P

En este enfoque los instrumentos se clasifican de acuerdo con las condiciones en que se encuentran con base en los registros históricos de calibración en:

- **A:** Presenta daño o defecto.
- **C:** Está conforme a los criterios de aceptación.
- **F:** No atiende los criterios de aceptación.

Con al menos tres certificados de calibración sucesivos es posible tomar las siguientes decisiones basado en la tabla anterior.

- **E:** Aumentar la periodicidad en un 20%.
- **D:** Disminuir la periodicidad en un 10%.
- **M:** Máxima reducción de la periodicidad en 35%.
- **P:** Permanecer en el mismo lapso de calibración.

#### 4.8.1.1.1 Ejecución método Schumacher

Analizando los certificados de calibración se realizó una tabla de confirmación metrológica que contiene la información presentada en la Tabla 16:

Tabla 16. Análisis método Schumacher. Fuente: [Elaboración propia].

Equipos	Calibración 2017	Calibración 2018	Calibración 2019
Balanza 1 (140 kg)	F	C	C
Balanza 2 (22,6 kg)	F	F	F
Balanza 3 (200 kg)	C	C	C

Teniendo en cuenta los datos de la Tabla 16 y lo establecido por el método Schumacher, se tiene que la nueva periodicidad de calibración de las tres balanzas debe variar según lo siguiente:

Tabla 17. Resultados método Schumacher. Fuente: [Elaboración propia].

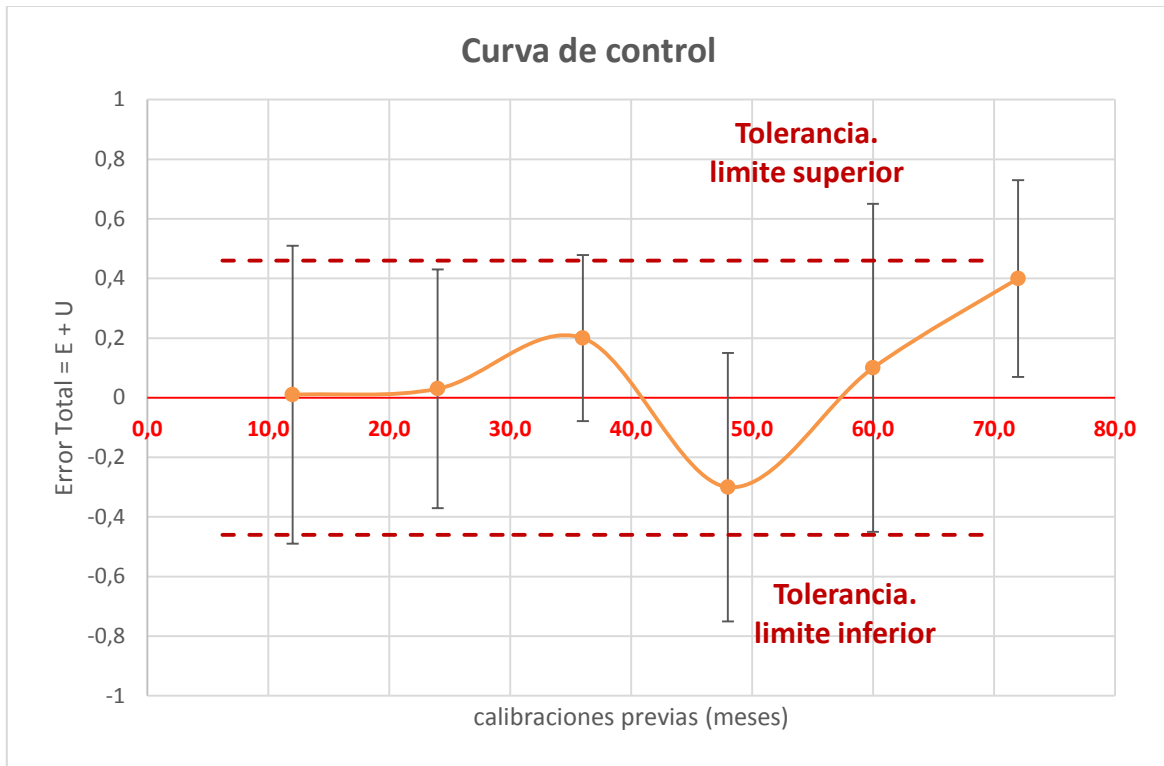
Balanza 1 (140 kg)	Balanza 2 (22,6 kg)	Balanza 3 (200 kg)
P	M	E

- Balanza 1 (140 kg): Se debe mantener la misma periodicidad de calibración de 330 días mientras los resultados se mantengan iguales.
- Balanza 2 (22,6 kg): Debemos realizarle una máxima reducción de la periodicidad del 35%, por lo que para esta balanza, que venía calibrándose cada 360 días, ahora pasará a calibrarse con una periodicidad de 234 días.
- Balanza 3 (200 kg): Dado el comportamiento de los errores que lleva esta balanza según los certificados de calibración, podemos hacer un aumento en la periodicidad del 20%, por lo que su antigua periodicidad de calibración de 320 días pasará a ser de 384 días.

#### 4.8.1.2 Método 2: carta de control

El método de Carta de control [4] se basa en los valores de incertidumbre y errores máximos permitidos arrojados en los certificados de calibración y que son graficados dependientes al tiempo. Este tipo de gráfico permite observar si el equipo presenta tendencias o patrones de comportamiento a lo largo del tiempo,

utilizado una gráfica de desarrollo de los errores e incertidumbres con respecto a la fecha de calibración.



**Grafica 1. Gráfica de evaluación carta control. Adaptado de: [33].**

En este método se grafica la información la cual es presentada en una gráfica de control deriva y estabilidad vs el tiempo. En el eje vertical se muestra el error en porcentaje con su respectiva incertidumbre en porcentaje también. En el eje horizontal la fecha de cada una de las calibraciones, de tal forma que se muestran Sobrepuestos los errores en forma de puntos y las incertidumbres en forma de segmentos [4].

A continuación se presentan los pasos para su construcción:

- Se debe establecer la magnitud a evaluar y los puntos específicos de análisis, los cuales típicamente corresponderán a los que se trabajan en el marco de la calibración. Es ideal dar cobertura de análisis para todos los puntos contemplados en la calibración del equipo.

- Se establece un marco de tiempo para medir; para efectos prácticos será la periodicidad con la que se realizan las calibraciones del equipo.
- Se trazan los ejes de la gráfica colocando en el eje vertical el valor de la característica de interés (Error  $\pm$  U) y en el eje horizontal se coloca el tiempo.

**Tabla 18. Fórmulas de error e incertidumbre método carta control. Adaptado de: [33].**

% ERROR	% INCERTIDUMBRE
$\% ERROR = \frac{E}{A_r} \times 100$	$U (\%) = \frac{U}{A_r} \times 100$
E error absoluto (valor nominal – valor indicación del equipo) A <sub>r</sub> valor nominal (verdadero)	U incertidumbre expandida A <sub>r</sub> valor nominal (verdadero)

Una vez realizada las gráficas, se interpreta observando lo siguiente:

- Que no presente tendencias ni comportamientos que indiquen una situación anormal dentro del proceso.
- Que todos los puntos se distribuyan de manera uniforme alrededor de la línea central.
- Que no presente puntos exageradamente altos o bajos que indiquen un problema dentro del proceso.
- La mayor utilidad que ofrece este tipo de carta, es que permite monitorear el equipo con el fin de observar si el promedio a lo largo del tiempo ha cambiado.

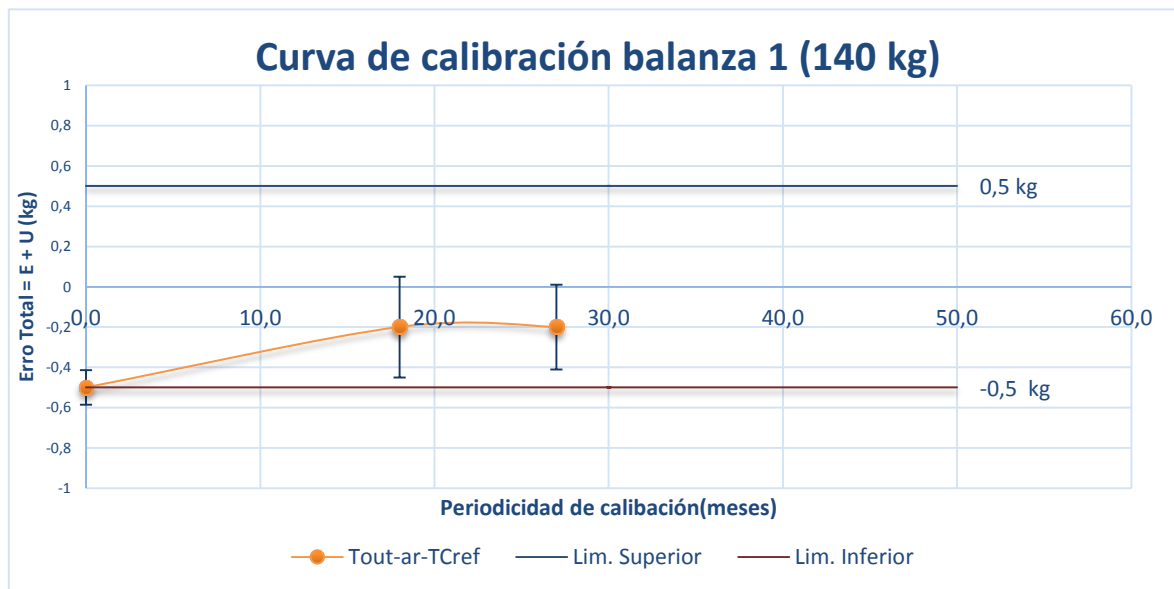
#### **4.8.1.2.1 Ejecución método carta de control**

Se realizó una tabla de cálculo en Excel donde se ingresan la fecha y los valores de capacidad, error e incertidumbre obtenidos de los certificados de calibración realizados en los equipos previamente para obtener las gráficas del método de carta de control.

Tabla 19. Matriz de gráfico método carta de control. Fuente: [Elaboración propia].

	Fecha de calibración	Valor nominal $A_r$	Indicación del equipo $A_i$	% E	% U
<b>Balanza 1</b>	2017-01-24	90 kg	89,5 kg	-0,50	0,086
	2018-07-19	140 kg	139,8 kg	-0,20	0,25
	2019-04-04	120 kg	119,8 kg	-0,20	0,21
<b>Balanza 2</b>	2017-01-24	22,68 kg	22,90 kg	0,22	0,21
	2018-07-19	18,14 kg	18,36 kg	0,22	0,19
	2019-04-04	22,68 kg	23,01 kg	0,33	0,19
<b>Balanza 3</b>	2017-01-24	90 kg	90,05 kg	0,05	0,084
	2018-07-19	150 kg	149,9 kg	-0,10	0,21
	2019-04-04	200 kg	199,8 kg	-0,20	0,24

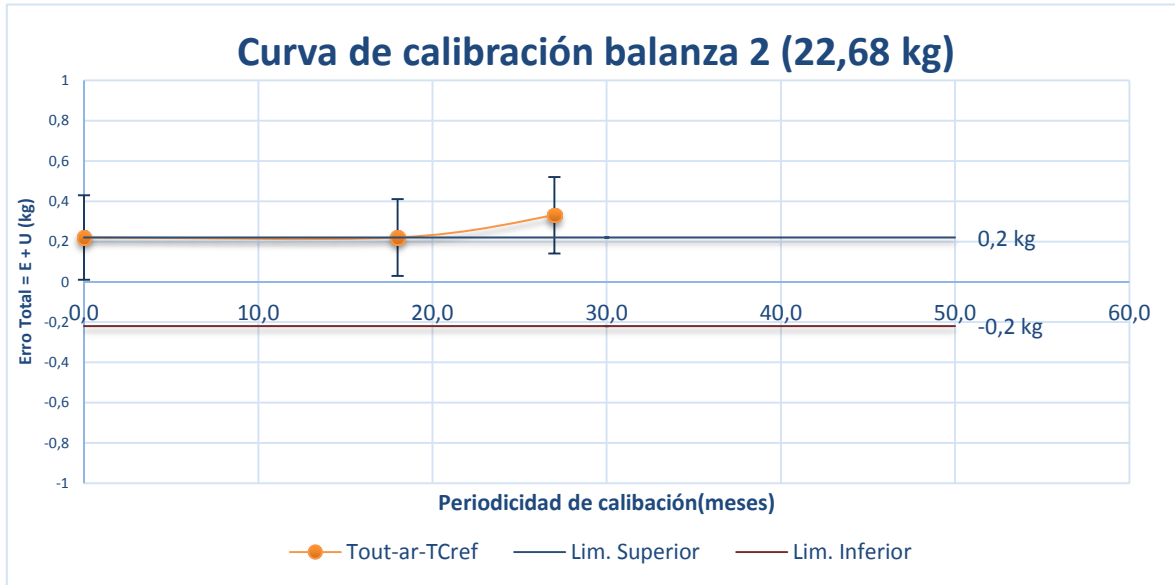
De la tabla se construyeron las siguientes gráficas:



Gráfica 2. Comportamiento de calibración de balanza 1. Fuente: [Elaboración propia].

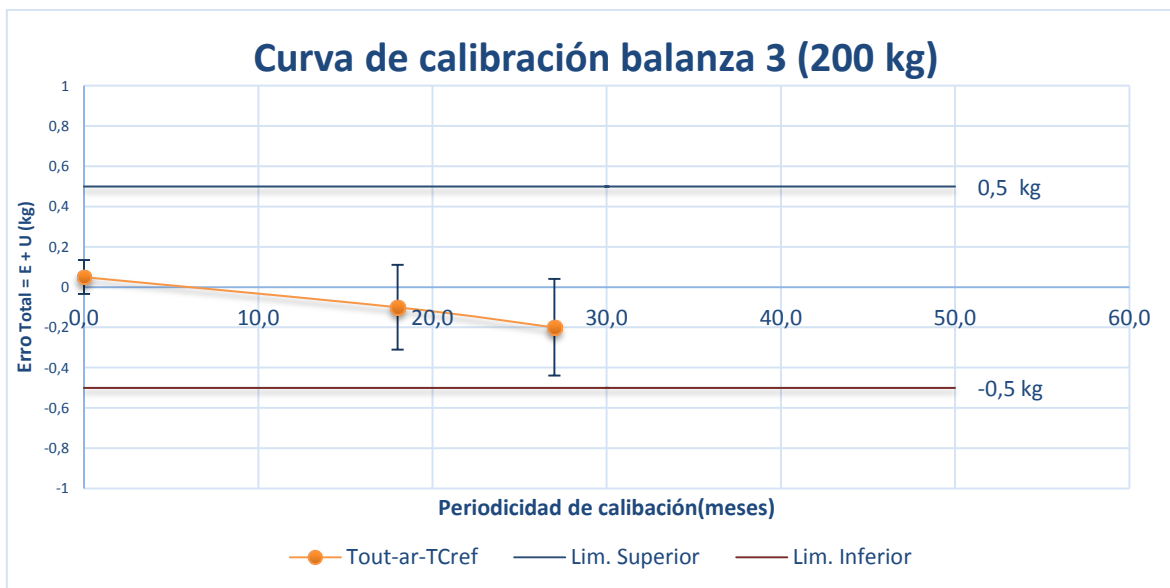
De la Gráfica 2, podemos observar que al reducirse su anterior periodicidad de calibración, esta empezó a comportarse de tal manera que los errores arrojados se disminuyeron, por lo que es ideal mantener esta periodicidad y seguir

realizándole mantenimiento en ese lapso de tiempo para no afectar su funcionamiento y predecir que se siga observando que los errores se encuentran dentro de los límites de tolerancia del instrumento.



**Grafica 3. Comportamiento de calibración de balanza 2. Fuente: [Elaboración propia].**

De la Gráfica 3 podemos concluir que este instrumento tiende a comportarse de manera errónea ya que los errores están por fuera del rango de tolerancia permisible de este. Se recomienda disminuir el tiempo de calibración y realizarle mantenimiento con mayor frecuencia para poder ayudar al equipo a mantener un comportamiento funcional más estable.



Gráfica 4. Comportamiento de calibración de balanza 3. Fuente: [Elaboración propia].

Analizando la Gráfica 4 podemos observar que a pesar que los errores se encuentren dentro del límite permitido, el instrumento tiende a aumentar su error a medida que pasa el tiempo por lo que es recomendable que se realicen planes de mantenimiento que ayuden a tener el instrumento en condiciones óptimas, ya que como se observa, si no se realizan correcciones éste llegará a presentar fallos más adelante y exista la posibilidad de que deba ser reemplazado.

#### 4.9 ANÁLISIS COSTOS/BENEFICIOS Y APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

##### 4.9.1 Calibración y aplicación de mantenimiento a instrumentos seleccionados

Luego de diseñado todas las actividades concernientes al plan de mantenimiento para los equipos, se procedió a realizar mantenimiento y calibración a 5 equipos que fueron seleccionados para la aplicación de tareas y calibración según los siguientes criterios:

- Equipos cuyos procesos sean críticos.
- Tener dos o más certificados de calibración anteriores para la determinación de la nueva periodicidad de calibración.



- Ser de uso prioritario en los laboratorios.
- Encontrarse completamente funcionales y en buen estado.
- Instrumentos que sea necesario realizar el proceso de calibración, habiendo cumplido ya el lapso de calibración antes establecido.

Seleccionados los instrumentos, se realizaron las respectivas tareas de mantenimiento a cada uno de los equipos y se procedió con la calibración de estos.

Para el proceso de calibración se utilizaron múltiples pesas patrones de 10 y 20kg. Se realizó el proceso de descentralización de cargas para llevar a cabo la actividad.

Todo el procedimiento fue revisado y supervisado por el encargado de los laboratorios, el docente.

Se anexan al final del documento, los nuevos certificados de calibración para los equipos seleccionados.

Esta calibración hace parte del desarrollo del plan de mantenimiento de las balanzas seleccionadas y que permiten aplicar los métodos Schumacher y carta control para calcular el periodo en que deben ser calibrados nuevamente los instrumentos, además de llevo a cabo el mantenimiento general de las cinco balanzas seleccionadas, la aplicación de la metodología de mantenimiento propuesta tiene un costo determinado en la siguiente tabla:

**Tabla 20. Análisis económico mantenimiento de cinco balanzas [elaboración propia].**

Item	Descripción	Fuente*			\$ Unitario	\$ Total
		Est.	UA	Ext		
1	Calibración de instrumentos	E			\$232.050	\$ 1'160.250
2	Mantenimiento y limpieza de equipos	E			\$30.000	\$150.000
3	Insumos	E			\$10.000	\$50.000
					<b>SUBTOTAL</b>	\$1360.250
* Utilice "E" para contribuciones en efectivo, "e" para contribuciones en especie.					<b>IMPREVISTOS (10%)</b>	\$136.025
					<b>TOTAL</b>	<b>\$1'496.275</b>

En la siguiente tabla se realiza un análisis consolidado de los costos que se incurren al desarrollar las actividades generales de mantenimiento a cada balanza según sus especificaciones, este informe detallado incluye cada balanza en el inventario de la facultad de nutrición y dietética de la Universidad del Atlántico.

**Tabla 21. Análisis económico mantenimiento de balanzas del programa de nutrición y dietética. Fuente: [elaboración propia].**

Item	Tipo de balanza	Capacidad	Actividades	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Balanza peso corporal	180 kg	Calibración	1	\$232.050	\$232.050
			Limpieza y mantenimiento		\$30.000	\$30.000
			Insumos		\$10.000	\$10.000
			<b>Total</b>			<b>\$ 272.050</b>
2	Balanza pesa bebe	25 kg	Calibración	1	\$ 130.900	\$ 130.900
			Limpieza y mantenimiento		\$ 30.000	\$ 30.000
			Insumos		\$ 10.000	\$ 10.000
			<b>Total</b>			<b>\$ 170.900</b>
3	Balanza vertical	140 kg	Calibración	1	\$232.050	\$232.050
			Limpieza y mantenimiento		\$30.000	\$30.000
			Insumos		\$10.000	\$10.000
			<b>Total</b>			<b>\$ 272.050</b>
4	Balanza medica	110 kg	Calibración	3	\$232.050	\$ 696.150
			Limpieza y mantenimiento		\$30.000	\$ 90.000
			Insumos		\$10.000	\$ 30.000
			<b>Total</b>			<b>\$ 816.150</b>
5	Balanza medica	200 kg	Calibración	4	\$232.050	\$ 928.200
			Limpieza y mantenimiento		\$30.000	\$120.000
			Insumos		\$10.000	\$40.000
			<b>Total</b>			<b>\$ 1.088.200</b>
6	Balanza pesa bebe	22, 68 kg	Calibración	3	\$232.050	\$696.150
			Limpieza y mantenimiento		\$30.000	\$90.000
			Insumos		\$10.000	\$30.000
			<b>Total</b>			<b>\$ 816.150</b>
7	Balanza digital	30/15 kg	Calibración	1	\$ 130.900	\$ 130.900
			Limpieza y mantenimiento		\$ 40.000	\$ 40.000
			Insumos		\$ 10.000	\$ 10.000
			<b>Total</b>			<b>\$ 180.900</b>

8	Balanza digital	30 kg	Calibración	1	\$ 130.900	\$ 130.900
			Limpieza y mantenimiento		\$ 40.000	\$ 40.000
			Insumos		\$ 10.000	\$ 10.000
			<b>Total</b>		<b>\$ 180.900</b>	<b>\$ 180.900</b>
9	Balanza granataria	2,61 kg	Calibración	1	\$ 90.900	\$ 90.900
			Limpieza y mantenimiento		\$ 30.000	\$ 30.000
			Insumos		\$ 10.000	\$ 10.000
			<b>Total</b>		<b>\$ 130.900</b>	<b>\$ 130.900</b>
10	Gramera manual	5 kg	Calibración	10	\$ 90.900	\$ 909.000
			Limpieza y mantenimiento		\$ 20.000	\$ 200.000
			Insumos		\$ 10.000	\$ 100.000
			<b>Total</b>		<b>\$ 1.209.000</b>	<b>\$ 1.209.000</b>
11	Gramera manual	10 kg	Calibración	1	\$ 90.900	\$ 90.900
			Limpieza y mantenimiento		\$ 20.000	\$ 20.000
			Insumos		\$ 10.000	\$ 10.000
			<b>Total</b>		<b>\$ 120.900</b>	<b>\$ 120.900</b>
12	Gramera digital	10 kg	Calibración	2	\$ 130.900	\$ 261.800
			Limpieza y mantenimiento		\$ 40.000	\$ 80.000
			Insumos		\$ 20.000	\$ 40.000
			<b>Total</b>		<b>\$ 381.800</b>	<b>\$ 381.800</b>
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$5.639.900</b>
					<b>IMPREVISTOS (10%)</b>	<b>\$563.990</b>
					<b>TOTAL</b>	<b>\$6.203.890</b>

Al ser realizado por personal de la Universidad del Atlántico estos costos se reduciría solo al monto de calibraciones y los insumos. Estos valores fueron calculados de acuerdo al valor de mantenimientos para estos equipos por empresas prestadoras de estos servicios.

## 5 CONCLUSIONES

En el presente trabajo se desarrolló una verificación del estado actual de los instrumentos no automáticos de pesaje de la Universidad del Atlántico que tuvo como alcance de proyecto el inventario de equipos no automáticos de pesaje de los laboratorios de nutrición y dietética ya que estos laboratorios tienen una variedad de balanzas considerable, donde se logró determinar que:

- Muchos de estos equipos están trabajando fuera de sus límites de tolerancia y errores máximos permisibles.
- Existen equipos que no cuentan con el adecuado mantenimiento de sus partes mecánicas y/o electrónicas.
- Hay equipos que están para calibración, debido a su uso y a que el tiempo entre la última calibración pasó la periodicidad sugerida para cada equipo.

Dadas estas observaciones, es necesario que el plan de mantenimiento sugerido en este proyecto siga llevándose a cabo teniendo como responsable de estas tareas al personal de mantenimiento y tutores de aulas pertinentes.

A manera de ejemplo se desarrolló la ejecución del plan de mantenimiento propuesto a cinco balanzas del inventario con el fin de establecer costos, verificar la ejecución de cada actividad propuesta y realizar la calibración de los equipos, tomando como objetos de estudio para ejecutar los métodos propuestos por la OIML D10 tres de estos, ya que eran los únicos que contaban con el historial necesario de calibraciones para llevarse a cabo el cálculo de periodicidad de calibración.

Con base a los resultados obtenidos de manera analítica y predictiva de las tablas y gráficas de los métodos propuestos en este proyecto, podemos establecer que una combinación en el uso de estos dos sería la herramienta adecuada para garantizar las condiciones metrológicas de nuestros laboratorios, debido a su dificultad de aplicación media y confiabilidad alta.

Este documento servirá como guía base para un futuro plan de mantenimiento general que incluya cada uno de los equipos existentes en las instalaciones de la Universidad del Atlántico, así como también para que el algoritmo del Software diseñado y pueda ser agregado y ayude a complementar un Software con mayor información, ya sea mediante una interfaz de C++ o MatLab.

## 6 ANEXOS

### ANEXO A: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN 2019

Figura 13. Certificado de calibración balanza 1.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8

**SCAL**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO  
CALIBRATION CERTIFICATE  
NON-AUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS

Certificado de calibración No. SC4771  
Calibration certificate No. SC4771

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

OBJETO DE CALIBRACIÓN / Calibration Object	: Balanza Pesa Persona
FABRICANTE / Manufacturer	: Health o Meter
MODELO / Model	: No identificado
NÚMERO DE SERIE / Serial number	: No identificado
IDENTIFICACIÓN - CÓDIGO / Id - code	: No identificado
LUGAR DE CALIBRACIÓN / Place of calibration	: Nutrición y Dietética
CARGA MÁXIMA / Max Load	: 140 kg
RESOLUCIÓN / Resolution	: 0,1 kg
CLIENTE / Customer	: UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
DIRECCIÓN / Address	: Km 7 Vía Puerto Colombia - Atlántico.
FECHA DE RECEPCIÓN / Reception date	: 2019-04-04
FECHA DE CALIBRACIÓN / Date of calibration	: 2019-04-04

Número de páginas del certificado 3 / Number of pages of the certificate 3

Aprobado por:  Sello seal

Approve: Ing. Franklin Hérasto Salas  
Director técnico  
D.T.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del SCAL: S.A.S, Certificados sin firma carecen de validez.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the SCAL S.A.S, certificates without signature are not valid.*


Pág. 1 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Teléfono: 3137810 Célular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Fondo Emprender    

Continuación Figura 14. Certificado de calibración balanza 1.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4771  
*Calibration certificate No. SC4771*

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

La versión en inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
*The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

Objeto de calibración / Calibration Object : Balanza Pesa Persona  
Carga máxima / Max Load : 140 kg  
Resolución / Resolution : 0,1 kg  
Método de calibración / Calibration method :

Las pesas patrones son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.

*After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the followings test: repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.*

Condiciones ambientales: Temperatura: (25,85 ± 0,1) °C  
*Environmental condition* Humedad relativa: (58,45 ± 1) %Hr

Trazabilidad: SETSC02 - Juegos de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6015-17  
*Traceability* emitido por investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 10 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6016-17 emitido por Investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 20 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6017-17 emitido por investigaciones metrologicas del caribe.

Incertidumbre de medida / *Measuring uncertainty*

La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se calculo multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura k = 2. Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$U = 0,11 + 0,00080 * I$  Donde I = Indicación del Instrumento en kg

*The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor k. It was determined according to GUM and guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.*

Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el calculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.

*The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.*




Observaciones / Remarks

En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años.

*The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may vary depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.*

Pág. 2 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Célular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co



Continuación Figura 15. Certificado de calibración balanza 1.

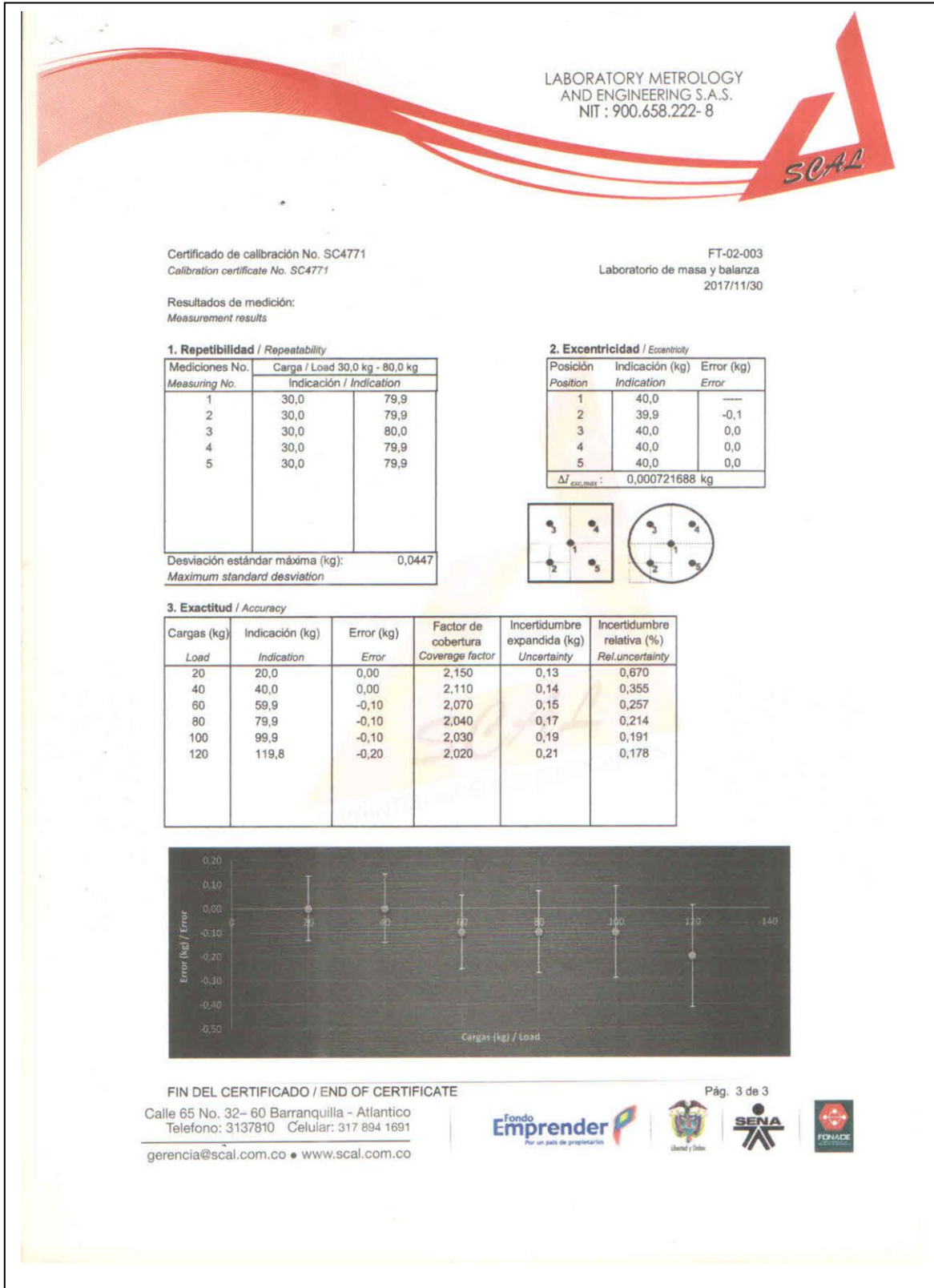




Figura 16. Certificado de calibración balanza 2.

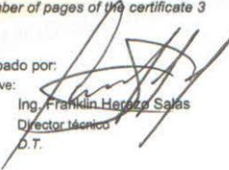
LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8

**SCAL**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO  
CALIBRATION CERTIFICATE  
NON-AUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS

Certificado de calibración No. SC4770 FT-02-003  
Calibration certificate No. SC4770 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30


OBJETO DE CALIBRACIÓN / Calibration Object	: Balanza Pesa Bebé
FABRICANTE / Manufacturer	: Health o Meter
MODELO / Model	: No identificado
NÚMERO DE SERIE / Serial number	: No identificado
IDENTIFICACIÓN - CÓDIGO / Id - code	: No identificado
LUGAR DE CALIBRACIÓN / Place of calibration	: Nutrición y Dietética
CARGA MÁXIMA / Max Load	: 22,68 kg
RESOLUCIÓN / Resolution	: 0,11 kg
CLIENTE / Customer	: UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
DIRECCIÓN / Address	: Km 7 Vía a Puerto Colombia - Atlántico
FECHA DE RECEPCIÓN / Reception date	: 2019-04-04
FECHA DE CALIBRACIÓN / Date of calibration	: 2019-04-04
Número de páginas del certificado 3 / Number of pages of the certificate 3	

Aprobado por:  Sello seal  
Approve: Ing. Franklin Heróles Salas  
Director Técnico  
D.T.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del SCAL: S.A.S, Certificados sin firma carecen de validez.  
*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the SCAL S.A.S, certificates without signature are not valid.*


Pág. 1 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Teléfono: 3137810 Célular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co



Continuación Figura 17. Certificado de calibración balanza 2.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4770 FT-02-003  
 Calibration certificate No. SC4770 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

La versión en inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
*The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

Objeto de calibración / Calibration Object : Balanza Pesa Bebé  
 Carga máxima / Max Load : 22,68 kg  
 Resolución / Resolution : 0,11 kg  
 Método de calibración / Calibration method :

Las pesas patrones son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.  
*After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the followings test; repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 . The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.*

Condiciones ambientales: Temperatura: (25,75 ± 0,1) °C  
 Humedad relativa: (58,85 ± 1) %Hr  
*Environmental condition*

Trazabilidad: SETSC02 - Juegos de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6015-17 emitido por investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 10 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6016-17 emitido por investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 20 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6017-17 emitido por investigaciones metrologicas del caribe.  
*Traceability*

Incertidumbre de medida / Measuring uncertainty

La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se calculo multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura k = 2. Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$U = 0,112 + 0,0046 * I$  Donde I = Indicación del Instrumento en kg

*The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor k. It was determined according to GUM and guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.*





Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el calculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.  
*The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.*

Observaciones / Remarks

En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años.  
*The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may very depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.*


Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
 Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
 gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 2 de 3

Continuación Figura 18. Certificado de calibración balanza 2.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4770  
Calibration certificate No. SC4770

Resultados de medición:  
Measurement results

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

**1. Repetibilidad / Repeatability**

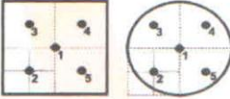
Mediciones No. Measuring No.	Carga / Load 4,53 kg - 18,14 kg	
	Indicación / Indication	
1	4,75	18,36
2	4,75	18,36
3	4,75	18,36
4	4,75	18,25
5	4,75	18,36

Desviación estándar máxima (kg): 0,04919  
Maximum standard deviation

**2. Excentricidad / Eccentricity**

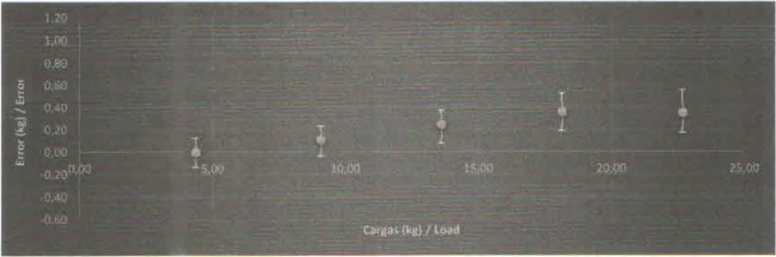
Posición Position	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error
1	9,07	—
2	9,18	0,11
3	9,18	0,11
4	9,18	0,11
5	9,07	0,00

$\Delta I_{ecc,max}$  : 0,003638 kg



**3. Exactitud / Accuracy**

Cargas (kg) Load	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error	Factor de cobertura Coverage factor	Incertidumbre expandida (kg) Uncertainty	Incertidumbre relativa (%) Rel.uncertainty
4,53	4,53	0,00	2,01	0,13	2,869
9,07	9,18	0,11	2,01	0,14	1,543
13,60	13,82	0,22	2,07	0,15	1,102
18,14	18,47	0,33	2,07	0,17	0,937
22,68	23,01	0,33	2,09	0,19	0,837



FIN DEL CERTIFICADO / END OF CERTIFICATE

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 3 de 3




Figura 19. Certificado de calibración balanza 3.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8

**SCAL**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO  
CALIBRATION CERTIFICATE  
NON-AUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS

Certificado de calibración No. SC4769 FT-02-003  
Calibration certificate No. SC4769 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

OBJETO DE CALIBRACIÓN / Calibration Object	: Balanza Pesa Persona
FABRICANTE / Manufacturer	: Detecto
MODELO / Model	: No identificado
NÚMERO DE SERIE / Serial number	: BD10030494
IDENTIFICACIÓN - CÓDIGO / Id - code	: 20612
LUGAR DE CALIBRACIÓN / Place of calibration	: Nutrición y Dietética
CARGA MÁXIMA / Max Load	: 200 kg
RESOLUCIÓN / Resolution	: 0,1 kg
CLIENTE / Customer	: UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
DIRECCIÓN / Address	: Km 7 Vía Puerto Colombia - Atlántico.
FECHA DE RECEPCIÓN / Reception date	: 2019-04-04
FECHA DE CALIBRACIÓN / Date of calibration	: 2019-04-04

Número de páginas del certificado 3 / Number of pages of the certificate 3

Aprobado por:  Sello seal  
Approve: Ing. Franklin Herazo Salas  
Director técnico

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del SCAL: S.A.S, Certificados sin firma carecen de validez.  
*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the SCAL S.A.S, certificates without signature are not valid.*


Pág. 1 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Fondo Emprender    

Continuación Figura 20. Certificado de calibración balanza 3.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4769 FT-02-003  
Calibration certificate No. SC4769 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

La versión en inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
*The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

Objeto de calibración / Calibration Object : Balanza Pesa Persona  
Carga máxima / Max Load : 200 kg  
Resolución / Resolution : 0,1 kg  
Método de calibración / Calibration method :

Las pesas patrones son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.  
*After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the followings test: repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 . The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.*

Condiciones ambientales: Temperatura: (25,85 ± 0,1) °C  
Environmental condition Humedad relativa: (58,45 ± 1) %Hr

Trazabilidad: SETSC02 - Juegos de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6016-17  
Traceability emitido por investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 10 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6016-17 emitido por investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 20 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6017-17 emitido por investigaciones metrologicas del caribe.

Incertidumbre de medida / Measuring uncertainty  
La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se calculo multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura k = 2. Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$U = 0,14 \pm 0,00047 * I$  Donde I = Indicación del Instrumento en kg





*The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor k. It was determined according to GUM and guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.*

Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el calculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.  
*The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.*

Observaciones / Remarks  
En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años.  
*The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may vary depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.*


Pág. 2 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Célular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co



Continuación Figura 21. Certificado de calibración balanza 3.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4769  
Calibration certificate No. SC4769

Resultados de medición:  
Measurement results

**1. Repetibilidad / Repeatability**

Mediciones No. Measuring No.	Carga / Load 50,0 kg - 120,0 kg	
	Indicación / Indication	
1	50,0	119,9
2	50,0	119,8
3	49,9	119,9
4	50,0	119,9
5	50,0	119,8


Desviación estándar máxima (kg): 0,0548  
Maximum standard deviation

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

**2. Excentricidad / Eccentricity**

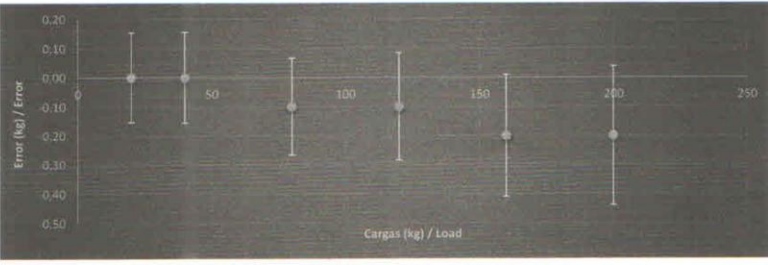
Posición Position	Indicación (kg) Indication	Error (kg)
1	60,0	—
2	59,9	-0,1
3	60,0	0,0
4	60,1	0,1
5	60,0	0,0

$\Delta I_{ecc,max}$  : 0,000481125 kg



**3. Exactitud / Accuracy**

Cargas (kg) Load	Indicación (kg) Indication	Error (kg)	Factor de cobertura Coverage factor	Incertidumbre expandida (kg) Uncertainty	Incertidumbre relativa (%) Rel. uncertainty
20	20,0	0,00	2,230	0,15	0,770
40	40,0	0,00	2,200	0,16	0,390
80	79,9	-0,10	2,130	0,17	0,209
120	119,9	-0,10	2,070	0,19	0,154
160	159,8	-0,20	2,040	0,21	0,131
200	199,8	-0,20	2,020	0,24	0,120



FIN DEL CERTIFICADO / END OF CERTIFICATE

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Célular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 3 de 3




Figura 22. Certificado de calibración balanza 4.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8

**SCAL**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO  
CALIBRATION CERTIFICATE  
NON-AUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS

Certificado de calibración No. SC4772 FT-02-003  
Calibration certificate No. SC4772 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

OBJETO DE CALIBRACIÓN / Calibration Object	: Balanza Digital
FABRICANTE / Manufacturer	: Bemalo
MODELO / Model	: JCS-A
NÚMERO DE SERIE / Serial number	: No identificado
IDENTIFICACIÓN - CÓDIGO / Id - code	: No identificado
LUGAR DE CALIBRACIÓN / Place of calibration	: Nutrición y Dietética
CARGA MÁXIMA / Max Load	: 30000 g
RESOLUCIÓN / Resolution	: 1 g
CLIENTE / Customer	: UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
DIRECCIÓN / Address	: Km 7 Vía Puerto Colombia - Atlántico.
FECHA DE RECEPCIÓN / Reception date	: 2019-04-04
FECHA DE CALIBRACIÓN / Date of calibration	: 2019-04-04
Número de páginas del certificado 3 / Number of pages of the certificate 3	

Aprobado por:  Sello seal  
Approve: Ing. Franklin Herazo Salas  
Director técnico  
D.T.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del SCAL: S.A.S, Certificados sin firma carecen de validez.  
*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the SCAL S.A.S, certificates without signature are not valid.*


Pág. 1 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Teléfono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Fondo Emprender   

Continuación Figura 23. Certificado de calibración balanza 4.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4772 FT-02-003  
Calibration certificate No. SC4772 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

La versión en inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
*The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

Objeto de calibración / Calibration Object : Balanza Digital  
Carga máxima / Max Load : 30000 g  
Resolución / Resolution : 1 g  
Método de calibración / Calibration method :

Las pesas patrones son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.  
*After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the followings test; repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.*

Condiciones ambientales: Temperatura: (26,85 ± 0,1) °C  
Environmental condition Humedad relativa: (50,45 ± 1) %Hr

Trazabilidad: SETSC02 - Juegos de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6015-17  
Traceability emitido por investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 10 kg  
Clase: OIML M1 con Certificado No. C6016-17 emitido por investigaciones  
metrologicas del caribe. Juegos de pesas 20 kg Clase: OIML M1 con Certificado  
No. C6017-17 emitido por investigaciones metrologicas del caribe.

Incertidumbre de medida / Measuring uncertainty

La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se calculo multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura k = 2. Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$U = 1,8 + 0,000082 * I$  Donde I = Indicación del Instrumento en g

*The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor k. It was determined according to GUM and guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.*





Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el calculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.  
*The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.*

Observaciones / Remarks

En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años.  
*The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may vary depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.*

Pág. 2 de 3


Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co





Continuación Figura 24. Certificado de calibración balanza 4.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4772  
Calibration certificate No. SC4772

Resultados de medición:  
Measurement results

**1. Repetibilidad / Repeatability**

Mediciones No. Measuring No.	Carga / Load 10.000 g - 20.000 g	
	Indicación / Indication	
1	9982	19.956
2	9980	19.954
3	9980	19.956
4	9980	19.956
5	9980	19.955

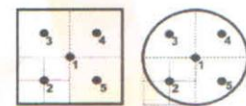
Desviación estándar máxima (g): 0,8944  
Maximum standard deviation

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

**2. Excentricidad / Eccentricity**

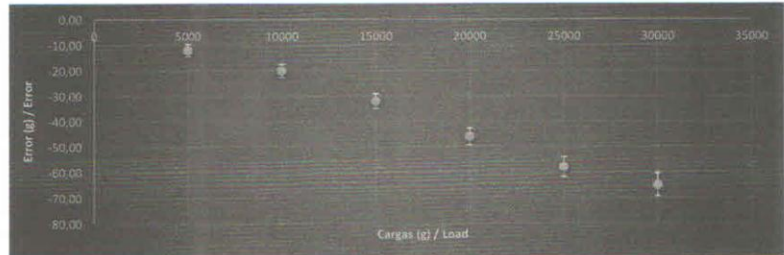
Posición Position	Indicación (g) Indication	Error (g) Error
1	9980	—
2	9981	1
3	9978	-2
4	9979	-1
5	9980	0

$\Delta I_{(2),max}$  : 5,77351E-05 g



**3. Exactitud / Accuracy**

Cargas (g) Load	Indicación (g) Indication	Error (g) Error	Factor de cobertura Coverage factor	Incertidumbre expandida (g) Uncertainty	Incertidumbre relativa (%) Rel.uncertainty
5000	4.988	-12,0	2,320	2,4	0,048
10000	9.980	-20,0	2,180	2,6	0,026
15000	14.968	-32,0	2,090	2,9	0,019
20000	19.954	-46,0	2,050	3,4	0,017
25000	24.942	-58,0	2,020	3,9	0,015
30000	29.935	-65,0	2,010	4,4	0,015



FIN DEL CERTIFICADO / END OF CERTIFICATE

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Teléfono: 3137810 Célular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 3 de 3




Figura 25. Certificado de calibración balanza 5.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO  
CALIBRATION CERTIFICATE  
NON-AUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS

Certificado de calibración No. SC4773 <i>Calibration certificate No. SC4773</i>	FT-02-003 Laboratorio de masa y balanza 2017/11/30
OBJETO DE CALIBRACIÓN / <i>Calibration Object</i>	: Balanza Pesa Persona
FABRICANTE / <i>Manufacturer</i>	: Detecto
MODELO / <i>Model</i>	: No identificado
NÚMERO DE SERIE / <i>Serial number</i>	: No identificado
IDENTIFICACIÓN - CÓDIGO / <i>Id - code</i>	: No identificado
LUGAR DE CALIBRACIÓN / <i>Place of calibration</i>	: Nutrición y Dietética
CARGA MÁXIMA / <i>Max Load</i>	: 180 kg
RESOLUCIÓN / <i>Resolution</i>	: 0,1 kg
CLIENTE / <i>Customer</i>	: UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO
DIRECCIÓN / <i>Address</i>	: Km 7 Vía Puerto Colombia - Atlántico.
FECHA DE RECEPCIÓN / <i>Reception date</i>	: 2019-04-04
FECHA DE CALIBRACIÓN / <i>Date of calibration</i>	: 2019-04-04
Número de páginas del certificado 3 / <i>Number of pages of the certificate 3</i>	

Aprobado por:  Sello seal

Approve:   
Ing. Franklin Haza Salas  
Director técnico  
D.T.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del SCAL: S.A.S, Certificados sin firma carecen de validez.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the SCAL S.A.S, certificates without signature are not valid.*

Pág. 1 de 3


Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co






Continuación Figura 26. Certificado de calibración balanza 5.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4773 FT-02-003  
Calibration certificate No. SC4773 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

La versión en inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
*The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

Objeto de calibración / Calibration Object : Balanza Pesa Persona  
Carga máxima / Max Load : 180 kg  
Resolución / Resolution : 0,1 kg  
Método de calibración / Calibration method :

Las pesas patrones son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 . La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.

*After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the followings test; repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.*

Condiciones ambientales: Temperatura: (25,85 ± 0,1) °C  
Humedad relativa: (58,3 ± 1) %Hr  
*Environmental condition*

Trazabilidad: SETSC02 - Juegos de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C8015-17  
emitido por investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 10 kg  
Traceability Clase: OIML M1 con Certificado No. C6016-17 emitido por investigaciones  
metrologicas del caribe. Juegos de pesas 20 kg Clase: OIML M1 con Certificado  
No. C8017-17 emitido por investigaciones metrologicas del caribe.

Incertidumbre de medida / Measuring uncertainty

La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se calculo multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura k = 2. Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$$U= 0,11 \pm 0,00052 * I \quad \text{Donde } I = \text{Indicacion del Instrumento en kg}$$

*The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor k. It was determined according to GUM and guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.*

Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el calculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.

*The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.*





Observaciones / Remarks

En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años.

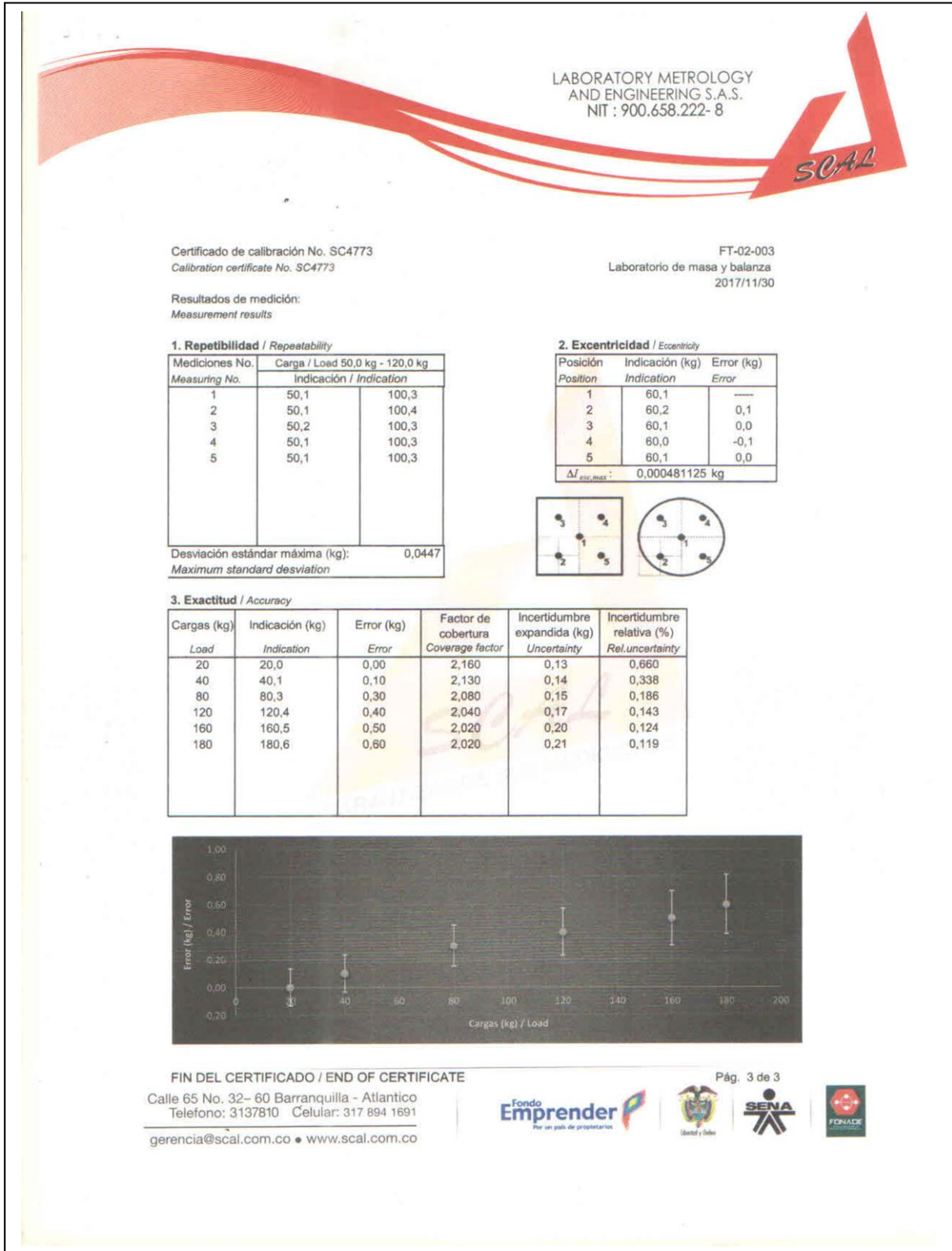
*The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may vary depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.*

Pág. 2 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Célular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co




Continuación Figura 27. Certificado de calibración balanza 5.



**ANEXO B: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN PREVIOS**  
 Figura 28. Certificado calibración 2018 balanza 1.

LABORATORY METROLOGY  
 AND ENGINEERING S.A.S.  
 NIT : 900.658.222- 8

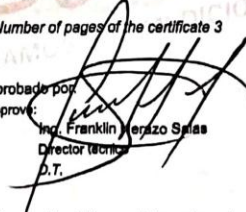


**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
 INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO  
 CALIBRATION CERTIFICATE  
 NON-AUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS


Certificado de calibración No. SC4070	FT-02-003
Calibration certificate No. SC4070	Laboratorio de masa y balanza 2017/11/30

OBJETO DE CALIBRACIÓN / Calibration Object	: Balanza Análoga
FABRICANTE / Manufacturer	: Health o Meter
MODELO / Model	: No identificado
NÚMERO DE SERIE / Serial number	: No identificado
IDENTIFICACIÓN - CÓDIGO / Id - code	: No identificado
LUGAR DE CALIBRACIÓN / Place of calibration	: Nutrición y Dietética
CARGA MÁXIMA / Max Load	: 140 kg
RESOLUCIÓN / Resolution	: 0,1 kg
CLIENTE / Customer	: Universidad del Atlántico
DIRECCIÓN / Address	: Km. 7 Via a Puerto Colombia - Atlántico.
FECHA DE RECEPCIÓN / Reception date	: 2018-07-19
FECHA DE CALIBRACIÓN / Date of calibration	: 2018-07-19
Número de páginas del certificado 3 / Number of pages of the certificate 3	

Aprobado por /  
 Approved:  
  
 Ing. Franklin Jerez Salas  
 Director técnico  
 D.T.





Sello  
 seal



Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del SCAL: S.A.S. Certificados sin firma carecen de validez.


*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the SCAL S.A.S. certificates without signature are not valid.*

Pág. 1 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691 gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co	   
---	---

Continuación Figura 29. Certificado calibración 2018 balanza 1.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4070  
Calibration certificate No. SC4070

La versión en inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Objeto de calibración / Calibration Object : Balanza Analógica  
Carga máxima / Max Load : 140 kg  
Resolución / Resolution : 0,1 kg  
Método de calibración / Calibration method :  
Las pesas patrón son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MVG7:kg-01A:00: 2009 . La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.  
After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the following test: repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MVG7:kg-01A:00: 2009 . The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.

Condiciones ambientales :  
Environmental condition

Trazabilidad :  
Traceability

Incertidumbre de medida / Measuring uncertainty

La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se calculó multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura  $k = 2$ . Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MVG7:kg-01A:00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$U = 0,18 + 0,00044 * I$  Donde  $I =$  indicación del instrumento en kg

The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor  $k$ . It was determined according to GUM and guide SIM MVG7:kg-01A:00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.

Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el cálculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.  
The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.

Observaciones / Remarks  
En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años.  
The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may vary depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.


FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

Temperatura: (23,9 ± 0,1) °C  
Humedad relativa: (58,5 ± 1) %Hr

SETSC02 - Juegos de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6015-07 emitido por Investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 10 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6018-07 emitido por Investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 20 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6017-07 emitido por Investigaciones metrologicas del caribe.


Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 2 de 3



Continuación Figura 30. Certificado calibración 2018 balanza 1.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4070  
Calibration certificate No. SC4070

**Resultados de medición:**  
Measurement results

**1. Repetibilidad / Repeatability**

Mediciones No. Measuring No.	Carga / Load 40,0 kg - 100,0 kg	
	Indicación / Indication	
1	40,0	99,9
2	39,9	99,8
3	39,9	99,8
4	39,8	99,9
5	39,9	99,8

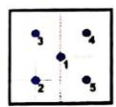
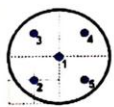
Desviación estándar máxima (kg): 0,0707  
Maximum standard deviation

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

**2. Excentricidad / Eccentricity**

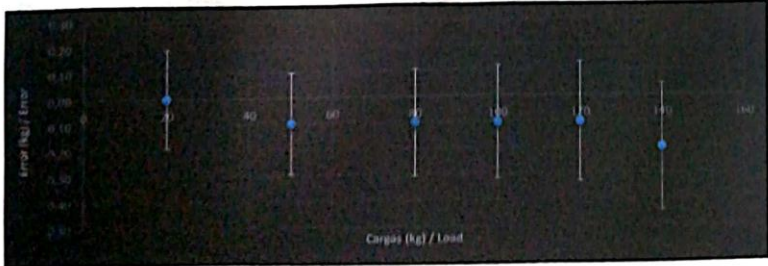
Posición Position	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error
1	47,0	—
2	47,0	0,0
3	46,9	-0,1
4	47,0	0,0
5	47,1	0,1

$\Delta M_{eccentricity}$ : 0,000614203 kg

**3. Exactitud / Accuracy**

Cargas (kg) Load	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error	Factor de cobertura Coverage factor	Incertidumbre expandida (kg) Uncertainty	Incertidumbre relativa (%) Rel. uncertainty
20	20,0	0,00	2,320	0,19	0,960
50	49,9	-0,10	2,250	0,20	0,392
80	79,9	-0,10	2,170	0,21	0,259
100	99,9	-0,10	2,130	0,22	0,218
120	119,9	-0,10	2,090	0,23	0,192
140	139,8	-0,20	2,070	0,25	0,175



**FIN DEL CERTIFICADO / END OF CERTIFICATE**  
Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Teléfono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 3 de 3








Figura 31. Certificado de calibración 2018 balanza 2.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- B



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO**  
**CALIBRATION CERTIFICATE**  
**NON-AUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS**

Certificado de calibración No. SC4074	FT-02-003
Calibration certificate No. SC4074	Laboratorio de masas y balanza 2017/11/30

OBJETO DE CALIBRACIÓN / Calibration Object	: Balanza Pesa Bebé
FABRICANTE / Manufacturer	: health o meter
MODELO / Model	: No Identificado
NÚMERO DE SERIE / Serial number	: No Identificado
IDENTIFICACIÓN - CÓDIGO / Id - code	: No Identificado
LUGAR DE CALIBRACIÓN / Place of calibration	: Nutrición y Dietética.
CARGA MÁXIMA / Max Load	: 22,68 kg
RESOLUCIÓN / Resolution	: 0,11 kg
CLIENTE / Customer	: Universidad del Atlántico
DIRECCIÓN / Address	: km 7 Vía a Puerto Colombia - Atlántico
FECHA DE RECEPCIÓN / Reception date	: 2018-07-19
FECHA DE CALIBRACIÓN / Date of calibration	: 2018-07-19

Número de páginas del certificado 3 / Number of pages of the certificate 3

Aprobado por:  
Approve:



Ing. Franklin Herazo Sales  
Director técnico  
D.T.

Sello  
seal

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del SCAL: S.A.S. Certificados sin firma carecen de validez.  
 This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the SCAL S.A.S, certificates without signature are not valid.

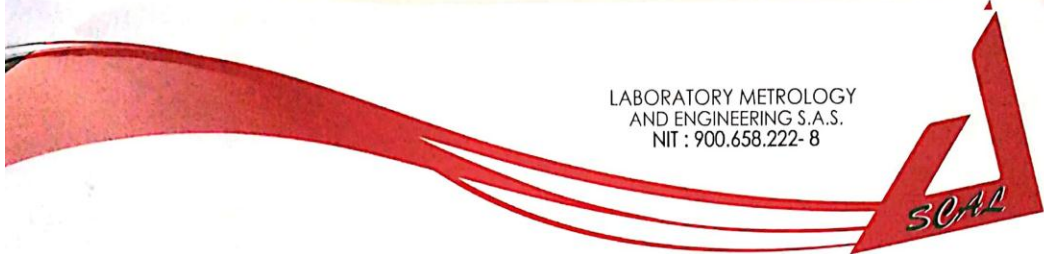
Pág. 1 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
 Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
 gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co







LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8

Certificado de calibración No. SC4074 FT-02-003  
Calibration certificate No. SC4074 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

La versión en Inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
*The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

Objeto de calibración / Calibration Object : Balanza Pesa Bebé  
Carga máxima / Max Load : 22,68 kg  
Resolución / Resolution : 0,11 kg  
Método de calibración / Calibration method :

Las pesas patrones son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.

*After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the followings test: repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.*

Condiciones ambientales: Temperatura: (24,5 ± 0,1) °C  
Environmental condition Humedad relativa: (54,5 ± 1) %Hr

Trazabilidad: SETSC02 - Juegos de pesas 1 g a 1 kg Clase: OIML F1 con Certificado No. CLM188316 emitido por conamet. Juego de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con certificado No. C6015-07 emitido por investigaciones metrológicas del caribe.  
Traceability Juego de pesas 10 kg Clase: OIML M1 con certificado No. C6016-07 emitido por investigaciones metrológicas del caribe.

Incertidumbre de medida / Measuring uncertainty  
La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se cálculo multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura  $k = 2$ . Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$U = 0,11 + 0,0035 * |I|$  Donde  $I =$  Indicación del Instrumento en kg


*The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor  $k$ . It was determined according to GUM and guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.*

Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el cálculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.  
*The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.*

Observaciones / Remarks  
En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años. Se realizó conversión de lb a kg.  
*The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may vary depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.*


Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 2 de 3



Continuación Figura 33. Certificado de calibración 2018 balanza 2.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4074  
Calibration certificate No. SC4074

Resultados de medición:  
Measurement results

**1. Repetibilidad / Repeatability**

Mediciones No. Measuring No.	Carga / Load 4,53 kg - 18,14 kg Indicación / Indication	
1	4,64	18,36
2	4,75	18,36
3	4,75	18,36
4	4,75	18,25
5	4,75	18,36

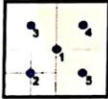
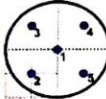
Desviación estándar máxima (kg): 0,0492  
Maximum standard deviation

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

**2. Excentricidad / Eccentricity**

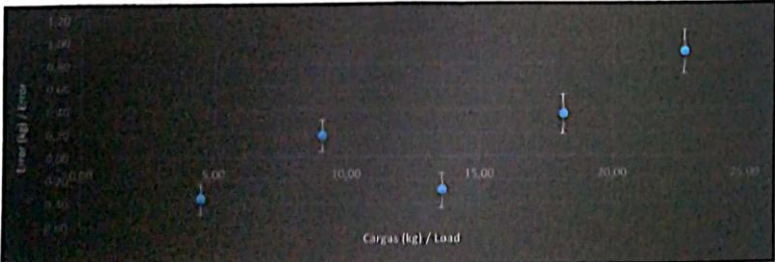
Posición Position	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error
1	9,07	---
2	9,07	0,00
3	9,18	0,11
4	9,18	0,11
5	9,07	0,00

$\Delta I_{etc,met}$ : 0,003528253 kg

**3. Exactitud / Accuracy**

Cargas (kg) Load	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error	Factor de cobertura Coverage factor	Incertidumbre expandida (kg) Uncertainty	Incertidumbre relativa (%) Rel.uncertainty
4,53	4,64	0,11	2,07	0,13	2,892
9,07	9,18	0,11	2,07	0,14	1,488
13,60	13,71	0,11	2,04	0,15	1,088
18,14	18,36	0,22	2,07	0,17	0,932
22,68	22,90	0,22	2,04	0,19	0,851



**FIN DEL CERTIFICADO / END OF CERTIFICATE**  
Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Teléfono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 3 de 3











Figura 34. Certificado calibración 2018 balanza 3.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8

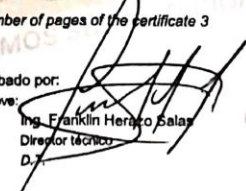


**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**INSTRUMENTOS DE PESAJE NO AUTOMÁTICO**  
**CALIBRATION CERTIFICATE**  
**NON-AUTOMATIC WEIGHING INSTRUMENTS**

Certificado de calibración No. SC4069	FT-02-003
Calibration certificate No. SC4069	Laboratorio de masa y balanza 2017/11/30

OBJETO DE CALIBRACIÓN / Calibration Object	: Báscula Análoga
FABRICANTE / Manufacturer	: Detecto
MODELO / Model	: No Identificado
NÚMERO DE SERIE / Serial number	: BD 10030494
IDENTIFICACIÓN - CÓDIGO / Id - code	: 20612
LUGAR DE CALIBRACIÓN / Place of calibration	: Nutrición y Dietética
CARGA MÁXIMA / Max Load	: 200 kg
RESOLUCIÓN / Resolution	: 0,1 kg
CLIENTE / Customer	: Universidad del Atlántico
DIRECCIÓN / Address	: Km. 7 Via a Puerto Colombia - Atlántico.
FECHA DE RECEPCIÓN / Reception date	: 2018-07-19
FECHA DE CALIBRACIÓN / Date of calibration	: 2018-07-19
Número de páginas del certificado 3 / Number of pages of the certificate 3	

Aprobado por: 

Approve: Ing. Franklin Herico Salas  
Director técnico  
D.





Sello  
seal

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del SCAL: S.A.S, Certificados sin firma carecen de validez.


*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the SCAL S.A.S, certificates without signature are not valid.*

Pág. 1 de 3

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
 Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
 gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Continuación Figura 35. Certificado calibración 2018 balanza 3.



LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8

**Certificado de calibración No. SC4069** **FT-02-003**  
*Calibration certificate No. SC4069* **Laboratorio de masa y balanza**  
**2017/11/30**

La versión en inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
*The English version of the calibration certificates is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

**Objeto de calibración / Calibration Object :** Báscula Análoga  
**Carga máxima / Max Load :** 200 kg  
**Resolución / Resolution :** 0,1 kg  
**Método de calibración / Calibration method :**

Las pesas patrones son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.

*After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the followings test; repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.*

**Condiciones ambientales:** Temperatura: (24,1 ± 0,1) °C  
*Environmental condition* Humedad relativa: (58,5 ± 1) %Hr

**Trazabilidad:** SETSC02 - Juegos de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6015-07  
*Traceability* emitido por Investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 10 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6016-07 emitido por investigaciones metrologicas del caribe. Juegos de pesas 20 kg Clase: OIML M1 con Certificado No. C6017-07 emitido por investigaciones metrologicas del caribe.

**Incertidumbre de medida / Measuring uncertainty**  
 La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se calculo multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura k = 2. Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$U = 0,14 + 0,00036 * I$  Donde I = Indicación del Instrumento en kg





*The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor k. It was determined according to GUM and guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.*

Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el calculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.  
*The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.*

**Observaciones / Remarks**  
 En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años.  
*The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may vary depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.*


Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
 Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
 gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 2 de 3

Continuación Figura 36. Certificado calibración 2018 balanza 3.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4009  
Calibration certificate No. SC4009

Resultados de medición:  
Measurement results

**1. Repetibilidad / Repeatability**

Mediciones No. Measuring No.	Carga / Load 40,0 kg - 160,0 kg	
	Indicación / Indication	
1	40,0	159,9
2	40,0	159,8
3	40,0	159,9
4	39,9	159,9
5	40,0	159,8

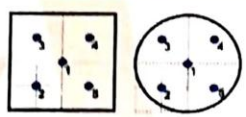
Desviación estándar máxima (kg): 0,0548  
Maximum standard deviation

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

**2. Excentricidad / Eccentricity**

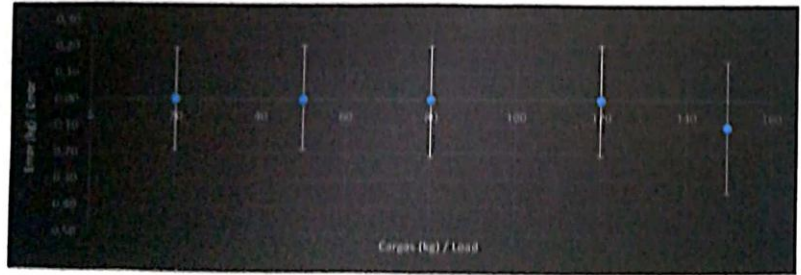
Posición Position	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error
1	67,0	---
2	66,0	-0,1
3	67,0	0,0
4	67,1	0,1
5	67,0	0,0

$\Delta f_{\text{exc max}}^1$  0,000430859 kg



**3. Exactitud / Accuracy**

Cargas (kg) Load	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error	Factor de cobertura Coverage factor	Incertidumbre expandida (kg) Uncertainty	Incertidumbre relativa (%) Rel. uncertainty
20	20,0	0,00	2,230	0,15	0,770
50	50,0	0,00	2,210	0,16	0,312
80	80,0	0,00	2,140	0,16	0,205
120	120,0	0,00	2,090	0,18	0,140
150	149,9	-0,10	2,060	0,19	0,120
160	170,9	-0,10	2,040	0,21	0,117



Cargas (kg) / Load

**FIN DEL CERTIFICADO / END OF CERTIFICATE**  
Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Teléfono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 3 de 3





Figura 37. Certificado calibración 2017 balanza 1.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE MASA Y BALANZA

Código P MC CBAS  
Fecha 2016-11-18  
Versión 01  
Página 1 de 2

**No. T078-17**

**SOLICITANTE** : UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO

**DIRECCIÓN SOLICITANTE** : km 7 Via Puerto, Barranquilla - Atlántico

**DIRECCIÓN DE CALIBRACIÓN** : Instalaciones del cliente

**INSTRUMENTO** : Balanza Pesa Persona

**FABRICANTE** : HEALTH O METER

**MODELO** : Balance beam scale

**NÚMERO DE SERIE** : No Identificado

**UBICACIÓN** : Laboratorio de Antropometria

**CÓDIGO INTERNO** : 04

**RANGO DE MEDICIÓN** : 0 kg a 140 kg

**DIVISIÓN DE ESCALA** : 0.1 kg

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2017-01-24

**FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2017-01-24

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

Los datos de la calibración se obtuvieron empleando el método de comparación directa entre las indicaciones del patrón y la del instrumento de prueba según procedimiento interno P MC BAS, basado en la Guía SIM MWG710g-01v 00

**TRAZABILIDAD**


La calibración es trazable al sistema internacional de unidades (SI) a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones

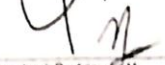
Certificado No	Emisor Por	Trazabilidad	Código	Fecha Calibración	Frecuencia Calibración
LM-103-16 y LM-103-16	INDUSTRIA Y METROLOGIA	SI	SET MC 09	2016-09-20	Anual
LM-101-16	INDUSTRIA Y METROLOGIA	SI	SET MC 08	2016-09-20	Anual
C-1002-16	METROCARIBE S.A	SI	SET MC 10	2016-04-08	Anual

**CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	24.3 °C	24.6 °C
Humedad Relativa	50 %HR	52 %HR

**FIRMAS AUTORIZADAS**


Calibrado Por:   
Tigo Gustavo J. Perez B.  
Metrologo

Revisado Por:   
Ing. Jose Rodriguez U.  
Coordinador Técnico

Este certificado sólo debe ser reproducido en forma total con aprobación escrita de Metrocaribe S.A.  
Los resultados son válidos para el momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.  
Metrocaribe S.A. no es responsable del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.


Calle 64 No. 47-102 • 3494545 • 3512058 • 3693215  
E-mail: gerencia@metrocaribelab.com • Barranquilla • Colombia

Marca Registrada de Metrocaribe S.A. Resolución S.I.C. 14398 DE 24 DE JUNIO DE 2005

Yo Mido con Seguridad

Continuación Figura 38. Certificado calibración 2017 balanza 1.



**METROCARIBE**<sup>®</sup>

Investigaciones Metrologicas del Caribe S.A.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE MASA Y BALANZA

INSTRUMENTO: Balanza Pesa Persona  
 FABRICANTE: HEALTH O METER  
 MODELO: Balance beam scale  
 NÚMERO DE SERIE: No Identificado  
 CÓDIGO INTERNO: 04  
 FECHA DE CALIBRACIÓN: 2017-01-24  
 PROCEDIMIENTO: P.MC.BA

Código: P.MC.CBAS  
 Fecha: 2016-11-18  
 Versión: 01  
 Página 2 de 2


**No. T078-17**

**TABLA DE RESULTADOS**

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS					
RANGO MÁXIMO	140	kg	DESVIACIÓN LINEAL	≤	No Identificado kg
CARGA MÍNIMA	0	kg	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	≤	No Identificado kg
RESOLUCIÓN	0,1	kg	E.M.P. EXCENTRICIDAD	≤	No Identificado kg

PRUEBA DE REPETIBILIDAD		
Carga LT	30 kg	
REPETICIÓN	INDICACIÓN	kg
1	29,95	
2	29,95	
3	29,95	
4	29,95	
5	29,90	
6	29,90	
Desviación Estándar	0,026	kg
Incertidumbre por Repetibilidad	0,011	kg

PRUEBA DE EXCENTRICIDAD			
Carga Lexc	30 kg		
POSICIÓN	INDICACIÓN	kg	E Lexc
1	29,95		-0,05
2	29,95		-0,05
3	29,95		-0,05
4	29,95		-0,05
5	29,95		-0,05
IE Lexc MaxI	0,050		kg

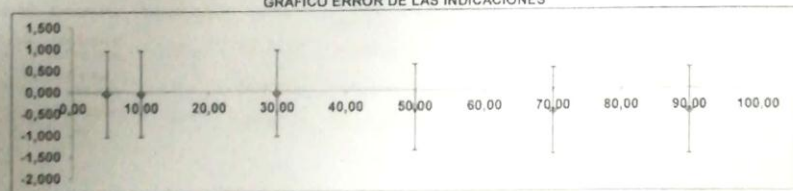


ERROR DE LAS INDICACIONES								
DATO	PATRÓN	kg	INSTRUMENTO	kg	ERROR	kg	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA*	kg
1	5		4,95		-0,050		0,085	
2	10		9,95		-0,050		0,085	
3	30		29,95		-0,050		0,085	
4	50		49,60		-0,400		0,086	
5	70		69,50		-0,500		0,086	
6	90		89,50		-0,500		0,086	

\* La incertidumbre expandida ( $U_{EXP}$ ), fue calculada con factor de cobertura  $k = 2$ , con un nivel de confianza del 95,45% y se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$U_{EXP} = 0,085 \text{ kg} + 0,000000015 * W \quad \text{W: Indicación del instrumento en kg}$$

**GRÁFICO ERROR DE LAS INDICACIONES**




PATRÓN kg

Los resultados de la calibración deben ser evaluados según las condiciones de uso del instrumento

**FIN DEL CERTIFICADO**

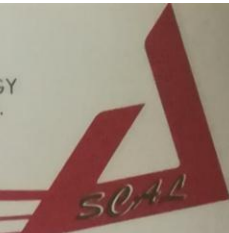
Calle 64 No. 47-102 • 3494545 - 3512058 - 3693215  
 E-mail: gerencia@metrocaribelab.com • Barranquilla - Colombia



Marca Registrada de Metrocaribe S.A. Resolución S.I.C. 14598 DE 24 DE JUNIO DE 2005

Figura 39. Certificado calibración 2017 balanza 2.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4073 FT-02-003  
 Calibration certificate No. SC4073 Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

La versión en inglés del certificado de calibración es una traducción no obligatoria. En caso de duda aplicar el texto en español.  
*The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matters give rise to controversy, the Spanish original text must be used.*

Objeto de calibración / Calibration Object : Balanza Pesa Bebé  
 Carga máxima / Max Load : 22,88 kg  
 Resolución / Resolution : 0,11 kg  
 Método de calibración / Calibration method :

Las pesas patrones son colocadas sobre el receptor de carga de la balanza después de haber colocado el cero. Los valores indicados en la balanza son anotados en el formato. La calibración incluye las siguientes pruebas: Repetibilidad, exactitud y excentricidad. El método de calibración corresponde con lo indicado en la Guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 , La temperatura ambiente existente en el sitio de calibración fue medida con termómetros calibrados y trazables.

*After the balance has been zeroed, the balance is being loaded with standard weights. The display of the balance is noted. The calibration includes the following test: repeatability, linearity and eccentricity. The calibration method complies with guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009 . The ambient temperature at the time of the calibration was measured by thermometers which are traced back to the SI.*

Condiciones ambientales: Temperatura: (24 ± 0,1) °C  
 Humedad relativa: (54,5 ± 1) %Hr  
*Environmental condition*

Trazabilidad: SETSC02 - Juegos de pesas 1 g a 1 kg Clase: OIML F1 con Certificado No. CLM188316 emitido por conamet. Juego de pesas 5 kg Clase: OIML M1 con certificado No. C6015-07 emitido por investigaciones metrologicas del caribe.  
 Juego de pesas 10 kg Clase: OIML M1 con certificado No. C6016-07 emitido por investigaciones metrologicas del caribe.  
*Traceability*

Incertidumbre de medida / Measuring uncertainty

La incertidumbre expandida de medición especificada arriba, se calculo multiplicando la incertidumbre de medida estándar con el factor de cobertura k = 2. Este valor ha sido determinado según la GUM y la guía SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. El valor medido de la magnitud se estima normalmente con una probabilidad de aproximadamente del 95,45 %.

$U = 0,15 \pm 0,0024 * I$  Donde I = Indicación del Instrumento en kg

*The expanded measuring uncertainty is calculated by multiplication of the standard measuring uncertainty with the expansion factor k. It was determined according to GUM and guide SIM MWG7/cg-01/v.00: 2009. The value of the test weight is normally with a probability of at least 95 % within the assigned value interval.*

Los resultados son válidos para el estado del objeto de calibración bajo las condiciones existentes en el momento de la calibración. En el cálculo no está contenida la estabilidad a largo plazo del objeto de calibración.  
*The results apply to the status of the calibrating item and under the conditions at the time of calibration. A proportion for the long-time stability of the calibrating item is not included.*





Observaciones / Remarks

En el lugar de calibración se ha determinado la incertidumbre de medida de la balanza. En caso de lugares de emplazamiento distintos o con condiciones de entorno diferentes, se pueden producir incertidumbres de medida distintas. El laboratorio de calibración guarda una copia de este certificado de calibración por lo menos cinco años. Se realizó conversión de lb a kg.

*The uncertainty of measurement for the balance has been determined at the calibration site. However, the uncertainty of measurement may vary depending on the actual site or the environmental conditions. The calibration laboratory retains a copy of this calibration certificate for at least 5 years.*

Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlantico  
 Telefono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
 gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

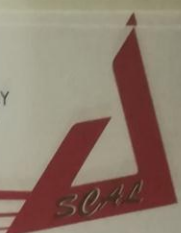
Pág. 2 de 3



Continuación Figura 40. Certificado calibración 2017 balanza 2.

LABORATORY METROLOGY  
AND ENGINEERING S.A.S.  
NIT : 900.658.222- 8



Certificado de calibración No. SC4072  
Calibration certificate No. SC4072

FT-02-003  
Laboratorio de masa y balanza  
2017/11/30

Resultados de medición:  
Measurement results

**1. Repetibilidad / Repeatability**



Mediciones No. Measuring No.	Carga / Load 4,53 kg - 18,14 kg Indicación / Indication	
1	4,64	18,25
2	4,64	18,36
3	4,53	18,36
4	4,64	18,36
5	4,64	18,25

Desviación estándar máxima (kg): 0,0602  
Maximum standard deviation

**2. Excentricidad / Eccentricity**

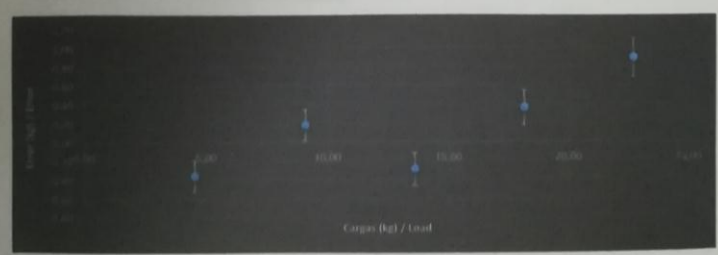
Posición Position	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error
1	9,18	—
2	9,18	0,00
3	9,07	-0,11
4	9,07	-0,11
5	9,18	0,00

$\Delta_{ecc,max}$ : 0,003528253 kg

**3. Exactitud / Accuracy**

Cargas (kg) Load	Indicación (kg) Indication	Error (kg) Error	Factor de cobertura Coverage factor	Incertidumbre expandida (kg) Uncertainty	Incertidumbre relativa (%) Rel.uncertainty
4,53	4,64	0,11	2,070	0,17	3,664
9,07	9,18	0,11	2,070	0,16	1,786
13,60	13,71	0,11	2,210	0,17	1,257
18,14	18,36	0,22	2,110	0,19	1,031
22,68	22,90	0,22	2,070	0,21	0,922



Cargas (kg) / Load

FIN DEL CERTIFICADO / END OF CERTIFICATE  
Calle 65 No. 32- 60 Barranquilla - Atlántico  
Teléfono: 3137810 Celular: 317 894 1691  
gerencia@scal.com.co • www.scal.com.co

Pág. 3 de 3





Figura 41. Certificado calibración 2017 balanza 3.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE MASA Y BALANZA

Código: F MC BAS  
 Fecha: 2016-11-18  
 Versión: 01  
 Página: 1 de 2

No. T079-17

**SOLICITANTE** : UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO

**DIRECCIÓN SOLICITANTE** : km 7 Via Puerto, Barranquilla - Atlántico

**DIRECCIÓN DE CALIBRACIÓN** : Instalaciones del cliente

**INSTRUMENTO** : Balanza Pesa Persona

**FABRICANTE** : DETECTO

**MODELO** : RGTA-200

**NÚMERO DE SERIE** : No identificado

**UBICACIÓN** : Laboratorio de Antropometría

**CÓDIGO INTERNO** : 05

**RANGO DE MEDICIÓN** : 0 kg a 200 kg

**DIVISIÓN DE ESCALA** : 0,1 kg

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2017-01-24

**FECHA DE CALIBRACIÓN** : 2017-01-24

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

Los datos de la calibración se obtuvieron empleando el método de comparación directa entre las indicaciones del patrón y la del instrumento de prueba, según procedimiento interno F MC BAS, basado en la Guía SIM MWG7/ig-01/v 00.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	24,3 °C	24,6 °C
Humedad Relativa	50 %HR	52 %HR


**TRAZABILIDAD**


La calibración es trazable al sistema internacional de unidades (SI), a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones.

**PATRONES**

Certificado No	Emitido Por	Trazabilidad	Código	Fecha Calibración	Frecuencia Calibración
LM-163-16 y LM-162-16	INDUSTRIA Y METROLOGIA	SI	SET MC 09	2016-09-20	Anual
LM-161-16	INDUSTRIA Y METROLOGIA	SI	SET MC 08	2016-09-20	Anual
D-1602-16	METROCARIBE S.A.	SI	SET MC 10	2016-04-08	Anual

**FIRMAS AUTORIZADAS**


Calibrado Por:   
 Tigo Gustavo Lichers B  
 Metrologo

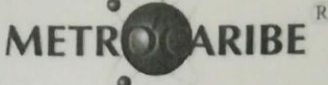
Revisado Por:   
 Ing. José Rodríguez U.  
 Coordinador Técnico

Este certificado sólo debe ser reproducido en forma total con aprobación escrita de Metrocaribe S.A.  
 Los resultados son válidos para el momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.  
 Metrocaribe S.A. no es responsable del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

Calle 64 No. 47-102 • 3494545 - 3512058 - 3693215  
 E-mail: gerencia@metrocaribelab.com • Barranquilla - Colombia

Marca Registrada de Metrocaribe S.A. Resolución S.I.C. 14598 DE 24 DE JUNIO DE 2005





**METROCARIBE**<sup>®</sup>

Instituciones Metrologicas del Caribe S.A.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

LABORATORIO DE MASA Y BALANZA

INSTRUMENTO: Balanza Pesa Peralta  
 FABRICANTE: OTEC S.A.  
 MODELO: NDTA-200  
 NUMERO DE SERIE: No identificado  
 CODIGO INTERNO: 05  
 FECHA DE CALIBRACION: 2017-01-24  
 PROCEDIMIENTO: P-MC-04

Código: F-MC-CBAS  
 Fecha: 2016-11-18  
 Versión: 01  
 Página: 2 de 2

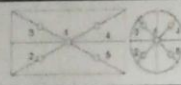
**No. T079-17**

**TABLA DE RESULTADOS**

CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS			
RANGO MÁXIMO	200	kg	DESVIACIÓN LINEAL ≤ No Identificado kg
CARGA MÍNIMA	0	kg	DESVIACIÓN ESTÁNDAR ≤ No Identificado kg
RESOLUCIÓN	0,1	kg	E.M.P. EXCENTRICIDAD ≤ No Identificado kg

PRUEBA DE REPETIBILIDAD		
Carga LT	30	kg
REPETICIÓN	INDICACIÓN	kg
1	29,90	
2	29,90	
3	29,90	
4	29,90	
5	29,90	
6	29,90	
Desviación Estándar	0,00	kg
Incertidumbre por Repetibilidad	0,00	kg

PRUEBA DE EXCENTRICIDAD			
Carga Lexc	30	kg	
POSICIÓN	INDICACIÓN	kg	E Lexc
1	29,95		-0,05
2	29,95		-0,05
3	29,90		-0,10
4	29,90		-0,10
5	29,95		-0,05
IE Lexc Maxi	0,10		kg

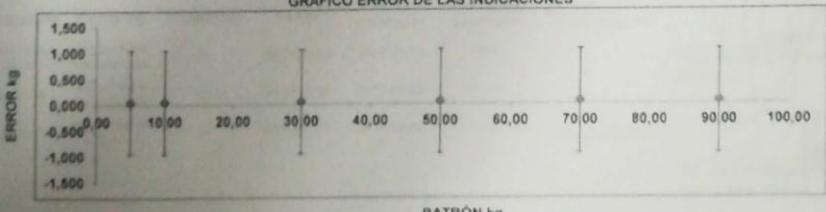


ERROR DE LAS INDICACIONES								
DATO	PATRÓN	kg	INSTRUMENTO	kg	ERROR	kg	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA*	kg
1	5		5,05		0,050		0,082	
2	10		10,05		0,050		0,082	
3	30		30,05		0,050		0,083	
4	50		50,05		0,050		0,083	
5	70		70,05		0,050		0,083	
6	90		90,05		0,050		0,084	

\* La incertidumbre expandida (U<sub>EXP</sub>), fue calculada con factor de cobertura k = 2, con un nivel de confianza del 95,45% y se puede expresar mediante la siguiente ecuación:  

$$U_{EXP} = 0,082 \text{ kg} + 0,000000015 * W \quad \text{W: Indicación del instrumento en kg}$$

**GRÁFICO ERROR DE LAS INDICACIONES**




Los resultados de la calibración deben ser evaluados según las condiciones de uso del instrumento

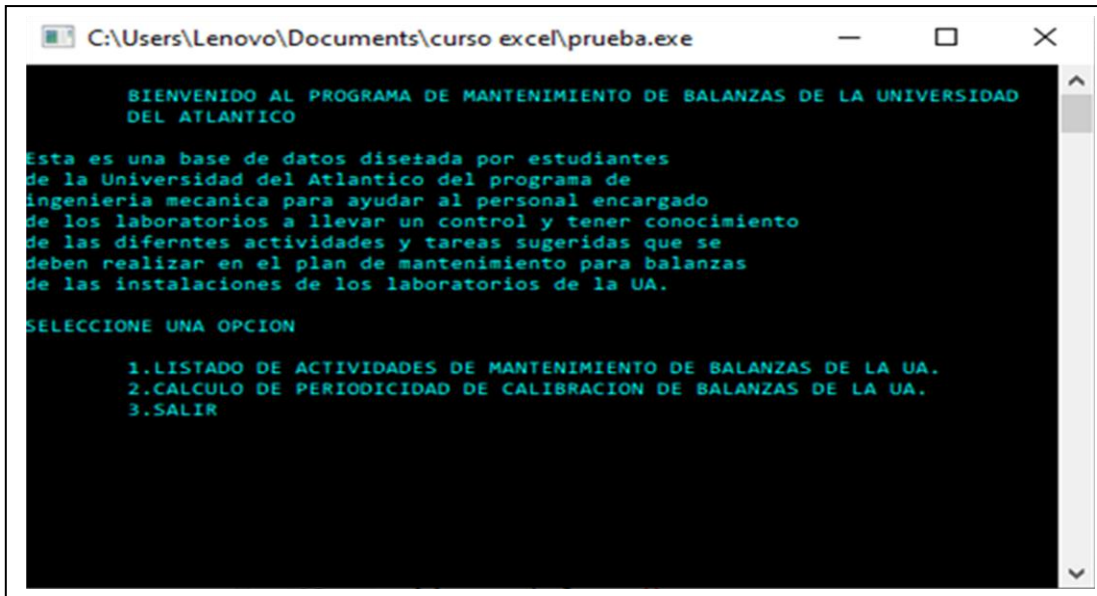
**FIN DEL CERTIFICADO**

Calle 64 No. 47-102 - 3494545 - 3512058 - 3693215  
 E-mail: gerencia@metrocaribelab.com - Barranquilla - Colombia

Marca Registrada de Metrocaribe S.A. Resolución S.I.C. 14598 DE 24 DE JUNIO DE 2005



## ANEXO C: SOFTWARE EN C++ DE BASE DE DATO DE MANTENIMIENTO



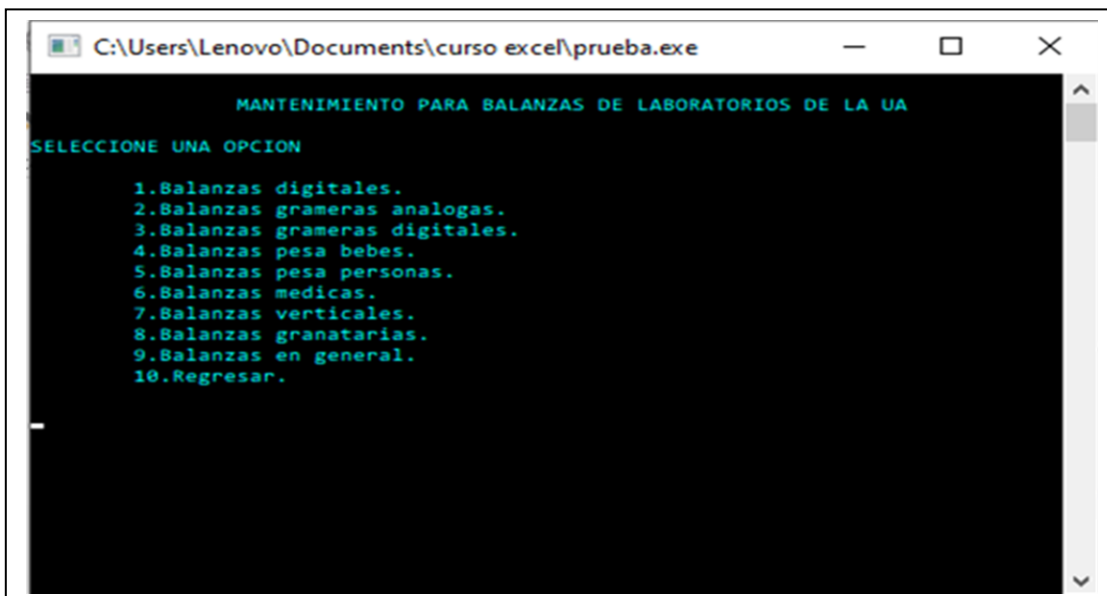
```
C:\Users\Lenovo\Documents\curso excel\prueba.exe

BIENVENIDO AL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE BALANZAS DE LA UNIVERSIDAD
DEL ATLANTICO

Esta es una base de datos diseñada por estudiantes
de la Universidad del Atlantico del programa de
ingeniería mecánica para ayudar al personal encargado
de los laboratorios a llevar un control y tener conocimiento
de las diferentes actividades y tareas sugeridas que se
deben realizar en el plan de mantenimiento para balanzas
de las instalaciones de los laboratorios de la UA.

SELECCIONE UNA OPCION

1.LISTADO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE BALANZAS DE LA UA.
2.CALCULO DE PERIODICIDAD DE CALIBRACION DE BALANZAS DE LA UA.
3.SALIR
```



```
C:\Users\Lenovo\Documents\curso excel\prueba.exe

MANTENIMIENTO PARA BALANZAS DE LABORATORIOS DE LA UA

SELECCIONE UNA OPCION

1.Balanzas digitales.
2.Balanzas grameras analogas.
3.Balanzas grameras digitales.
4.Balanzas pesa bebes.
5.Balanzas pesa personas.
6.Balanzas medicas.
7.Balanzas verticales.
8.Balanzas granatarías.
9.Balanzas en general.
10.Regresar.
```

```
C:\Users\Lenovo\Documents\curso excel\prueba.exe

MANTENIMIENTO PARA BALANZAS DIGITALES

Indique la seccion que desea consultar:

1.INSPECCION.
2.LIMPIEZA.
3.AJUSTE Y VERIFICACION.
4.CALIBRACION.
5.REGRESAR.

-
```

```
C:\Users\Lenovo\Documents\curso excel\prueba.exe

MANTENIMIENTO PARA BALANZAS DIGITALES

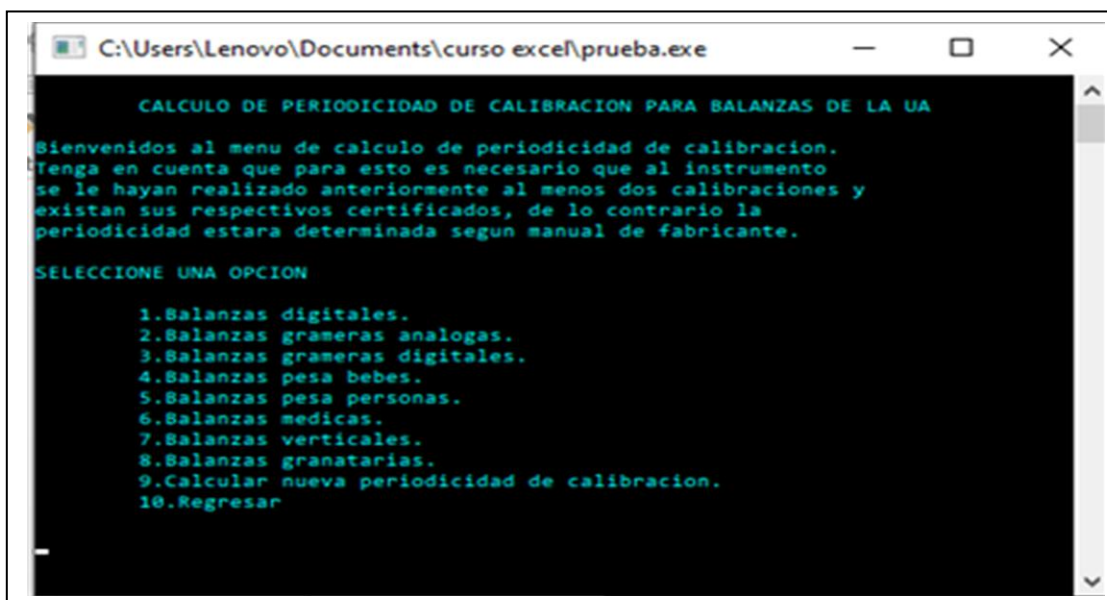
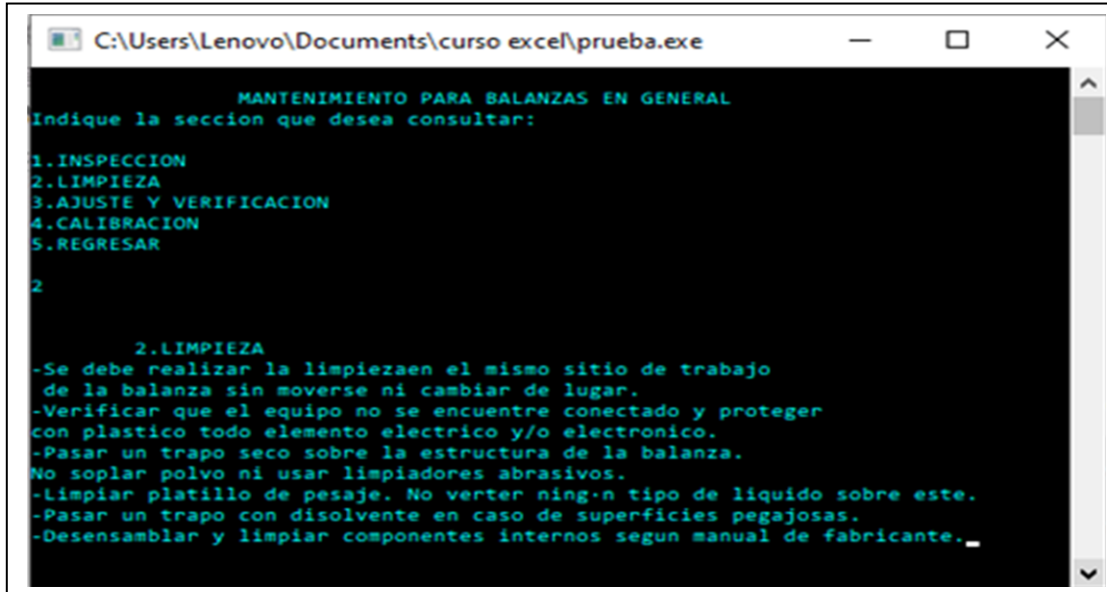
Indique la seccion que desea consultar:

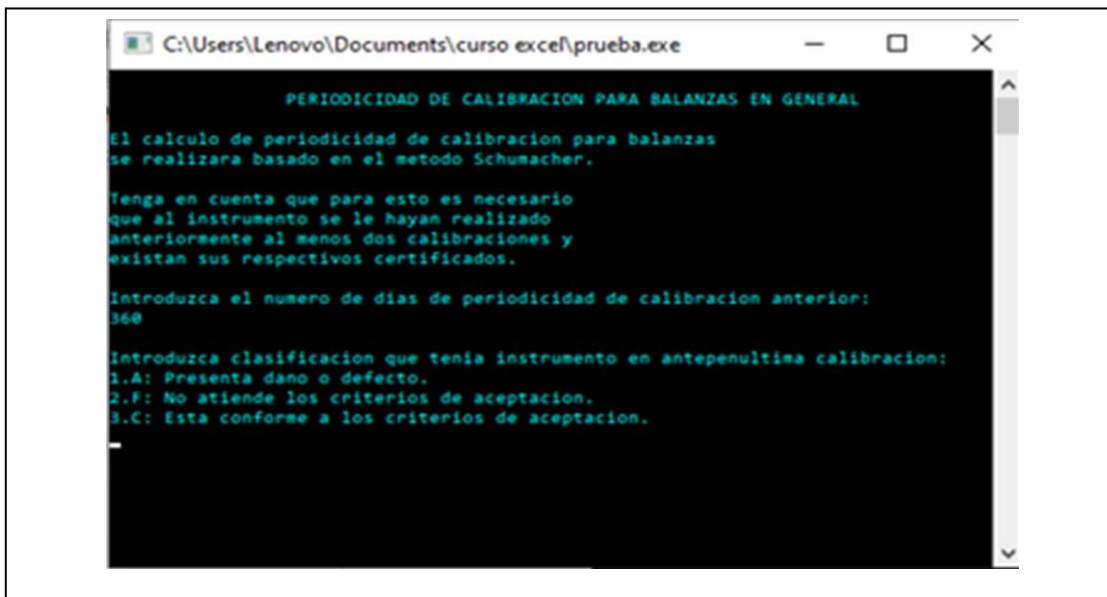
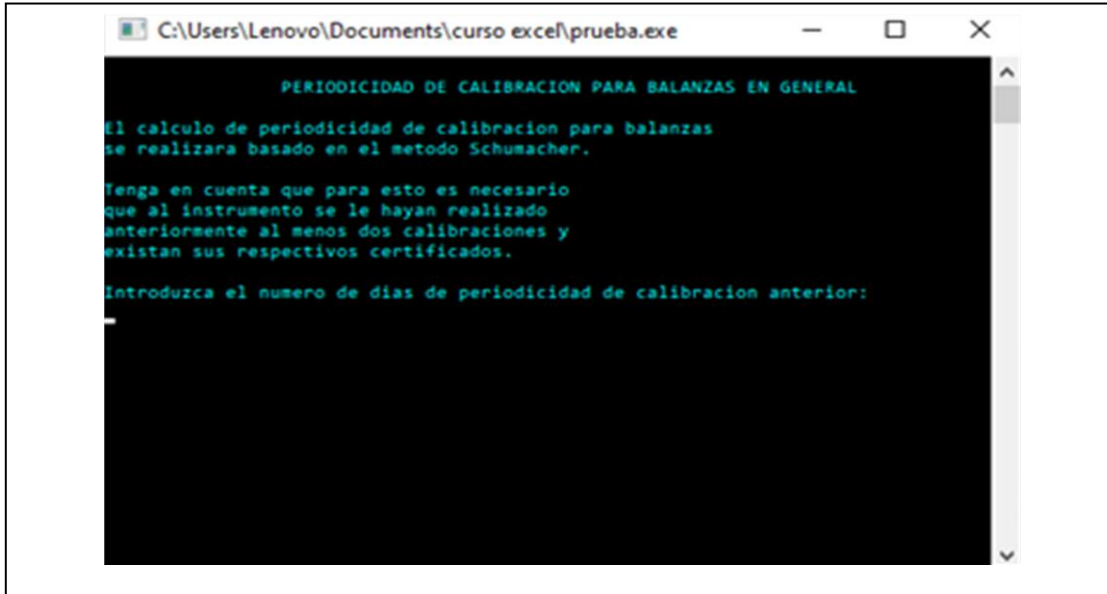
1.INSPECCION.
2.LIMPIEZA.
3.AJUSTE Y VERIFICACION.
4.CALIBRACION.
5.REGRESAR.

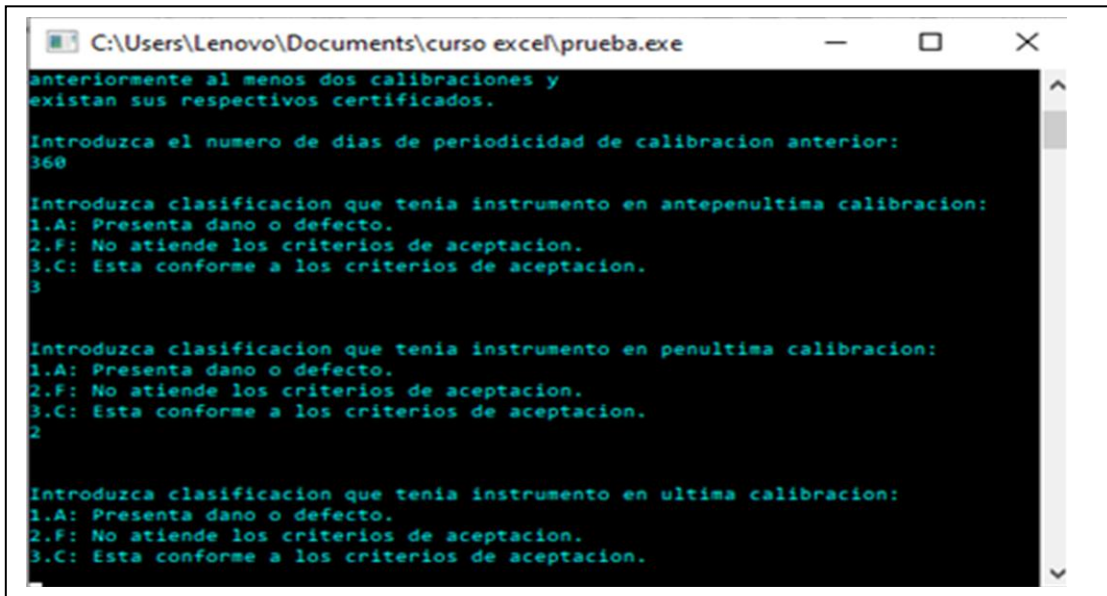
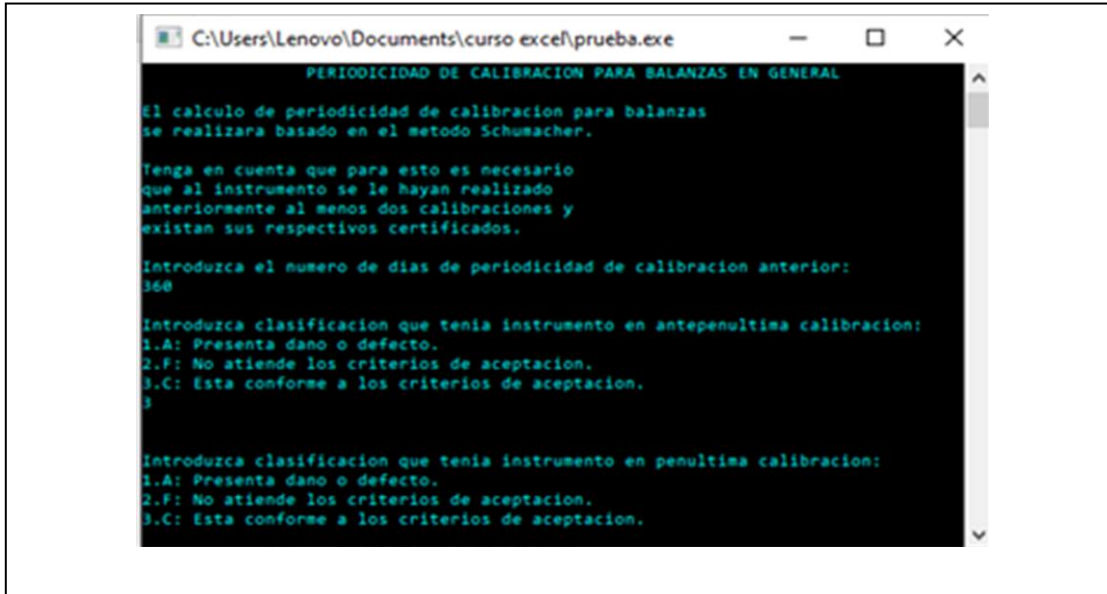
1

1.INSPECCION

-Desconectar cable de corriente.
-Inspeccionar estado de balanza.
-Inspeccionar visores, botones, bandeja de
peso, cable, bateria, bases.
```









```
C:\Users\Lenovo\Documents\curso excel\prueba.exe
360
Introduzca clasificacion que tenia instrumento en antepenultima calibracion:
1.A: Presenta dano o defecto.
2.F: No atiende los criterios de aceptacion.
3.C: Esta conforme a los criterios de aceptacion.
3

Introduzca clasificacion que tenia instrumento en penultima calibracion:
1.A: Presenta dano o defecto.
2.F: No atiende los criterios de aceptacion.
3.C: Esta conforme a los criterios de aceptacion.
2

Introduzca clasificacion que tenia instrumento en ultima calibracion:
1.A: Presenta dano o defecto.
2.F: No atiende los criterios de aceptacion.
3.C: Esta conforme a los criterios de aceptacion.
1

La nueva periodicidad de calibracion del instrumento recomendada es de 234 dias.
```

**ANEXO D: CERTIFICADO DE REGISTRO DE DERECHO DE AUTOR**  
 Figura 43. Registro de derechos de autor de software desarrollado.

 MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO <b>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</b>		Libro - Tomo - Partida <b>13-78-484</b> Fecha Registro <b>06-abr-2020</b>
Página 1 de 2		
<b>1. DATOS DE LAS PERSONAS</b>		
<b>AUTOR</b>		
Nombres y Apellidos	CRISTIAN ANTONIO PEDRAZA YEPES	No de identificación CC 72197038
Nacional de	COLOMBIA CALLE 67A NO 16 - 40	F. De Defunción Ciudad: BARRANQUILLA
<b>AUTOR</b>		
Nombres y Apellidos	NORBERTO JOSE RODRIGUEZ MEDINA	No de identificación CC 1045719061
Nacional de	COLOMBIA CALLE 45G 3-141 BLOQUE 9 APTO 20	Ciudad: BARRANQUILLA
<b>AUTOR</b>		
Nombres y Apellidos	ALBEIRO JAVIER FERNANDEZ MORENO	No de identificación CC 1001940640
Nacional de	COLOMBIA CALLE 33E # 2C1-107	Ciudad: BOGOTA D.C.
<b>AUTOR</b>		
Nombres y Apellidos	JOSE DANIEL HERNANDEZ VASQUEZ	No de identificación CC 1045671579
Nacional de	COLOMBIA --	Ciudad: BARRANQUILLA
<b>PRODUCTOR</b>		
Razón Social	UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO	Nit 890102257-3
Dirección	KR 30 B - 49	Ciudad: PUERTO COLOMBIA
<b>2. DATOS DE LA OBRA</b>		
Título Original	SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE BALANZAS	
Año de Creación	2019	Pais de Origen COLOMBIA Año Edición
CLASE DE OBRA	INEDITA	
CARACTER DE LA OBRA	OBRA DERIVADA	
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION	
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR	
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA</b>		
SE DESARROLLO POR MEDIO DE UN ALGORITMO UNA INTERFAZ QUE PERMITA A LOS USUARIOS CONOCER LAS ACTIVIDADES GENERALES DE MANTENIMIENTO QUE SE DEBEN REALIZAR A LAS BALANZAS QUE SE ENCUENTRAN EN LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO, ADEMAS PERMITE ESTABLECER POR MEDIO DE UN ANÁLISIS BASADO EN EL DOCUMENTO D-10 DE LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE METROLOGIA LEGAL EL CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE CALIBRACIÓN DE LAS BALANZAS.		
<b>4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA</b>		
<b>5. DATOS DEL SOLICITANTE</b>		
Nombres y Apellidos	ALBEIRO JAVIER FERNANDEZ MORENO	No de identificación 1001940640
Nacional de	COLOMBIA	Medio Radicación REGISTRO EN LINEA
Dirección	CALLE 33E # 2C1-107	Ciudad BOGOTA D.C. Teléfono (301) 792-1174
Correo electrónico	ALBEFERNANDEZ10@GMAIL.COM	Radicación de entrada 1-2020-24876
En representación de	EN NOMBRE PROPIO	

## 7 REFERENCIAS

- [1] Universidad del Atlántico. (05/05/2019). Acreditación de programas. [Online] Recuperado de: <https://www.uniatlantico.edu.co/uatlantico/docencia/acreditacion/programas-acreditados>.
- [2] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de calidad. Requisitos, NTC-ISO 9001. Bogotá d.c.: el instituto. 2015. 33 p.
- [3] Casa Sauza. (05/04/2019). Procesos del tequila. [Online] Recuperado de: <https://www.casasauza.com/procesos-tequila-sauza/>
- [4] International Organization of Legal Metrology D-10, Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments. Edition 2007.
- [5] Instrumentos de medición, Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático - requisitos técnicos y metrológicos. NOM-010-SCFI. Edición 1994.
- [6] Diario Oficial de la Federación. (21/10/2002). Lista de instrumentos de medición cuya verificación inicial, periódica o extraordinaria es obligatoria, así como las reglas para efectuarla. [Online]. Recuperado de: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5433393&fecha=18/04/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5433393&fecha=18/04/2016)
- [7] D. Medrano, & B. Vega (2012). Diseño e implementación de un plan integral de mantenimiento y calibración de las maquinas del laboratorio de procesos de manufactura de la Escuela Politécnica del Ejército. Escuela Politécnica del Ejército. Sede Sangolqui, Ecuador.
- [8] E. Dumaguala (2014). Gestión e implementación del plan de mantenimiento en los laboratorios del área de ingeniería mecánica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- [9] N. Montealegre (2018). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los laboratorios pertenecientes a la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.
- [10] SIAFA – Higiene ocupacional y Medio ambiente. (05/04/2019). [Online] Recuperado de: <https://www.siafa.com.ar/detalle-recurso.php?id=E0F13F03-CDAA-4938-14A9-06849BE499BE>.

- [11] Semyon G. Rabinovich, *Measurement Errors and Uncertainties: Theory and Practice*. Estados Unidos. Tercera edición. Pp. 10-28. Springer Science & Business Media, 2005.
- [12] E. Cruz, V. Branda. "Management of calibration intervals for temperature and static pressure transmitters applied to the natural gas industry", *ELSEVIER*. Vol. 24 pp.178–184. Mayo 2015.
- [13] J. Wang, Q. Zhang, W. Jiang. "Optimization of calibration intervals for automatic test equipment", *ELSEVIER*. Vol. 103 pp. 87–92. Junio 2017.
- [14] Una Norma Española UNE. *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento*. UNE-EN: 13306. Edición 2011.
- [15] F. Gonzales Fernández. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid, España. Fundación CONFEMETAL. Edición 2005.
- [16] F. Gómez De León. *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. Madrid, España. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia. Edición 1998.
- [17] Renovetec. *Plan de Mantenimiento*. (12/08/2019). [Online]. Recuperado de: <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento>.
- [18] Renovetec. *Elaboración de planes de Mantenimiento*. (12/08/2019). [Online]. Recuperado de: <http://www.renovetec.com/931-guia-2-elaboracion-de-planes-de-mantenimiento>.
- [19] Mantenimiento Petroquímica. *Puesta en marcha del plan de mantenimiento*. (12/08/2019). [Online]. Recuperado de: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/lapuestaenmarchadelplandemantenimiento.html>
- [20] GATICA ÁNGELES, Rodolfo R. *Mantenimiento Industrial: Manual de operación y administración*. México. Trillas, 2000.
- [21] MOBLEY. R. Keith. *Maintenance Fundamentals*. 2nd Edition. Oxford. Elsevier Inc, 2004.
- [22] A. Duran (2001). "Clasificación de instrumentos para pesar por su exactitud según la norma NOM-010-SCFI-1994 y selección de patrones". Masstech SA de CV. Naucalpan, México.
- [23] Health o meter® – Products. (05/07/2019). Health o meter® [Online]. Recuperado de: <https://www.homscales.com/products>.

[24] Mettler Toledo- Industrial weighing solutions. (05/07/2019). [Online] Recuperado de: [https://www.mt.com/int/es/home/products/Industrial\\_Weighing\\_Solutions/balances-scales](https://www.mt.com/int/es/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/balances-scales).

[25] KERN – Balanzas de precisión (05/07/2019). [Online] Recuperado de: <https://www.kern-sohn.com/shop/es/balanzas-de-laboratorio/balanzas-de-precision/>.

[26] Bernalo® - Balanzas. (05/07/2019). [Online] Recuperado de: <https://www.bernalos.com.co/product-category/balanzas/>.

[27] Detecto Industrias – Productos. (05/07/2019). [Online] Recuperado de: <http://www.detecto.co/basculas.html>.

[28] BDco – Lista de productos. (05/07/2019). [Online] Recuperado de: <https://www.balanzasdigitales.com/brand/5-proscale>.

[29] Baxtran – Basculas. (05/07/2019). [Online] Recuperado de: <https://www.baxtran.com/es/basculas.html>.

[30] Científica SENNA – Balanzas granatarias. (05/07/2019). [Online] Recuperado de: <https://cientificasenna.com/producto/balanza-granataria-de-tres-brazos/>.

[31] Especialistas en Metrologías SAS. *Metrología en Colombia*. Colombia. (05/06/2019). [Online]. Recuperado de: <https://www.especialistasenmetrologia.com/metrologia-en-colombia.html>

[32] Superintendencia de Industria y Comercio. *Metrología legal*. Colombia. (05/06/2019). [Online]. Recuperado de: <https://www.sic.gov.co/metrologia-legal>

[33] J. Hernández, E. Jiménez. “Diseño e implementación del sistema de aseguramiento metrológico en los laboratorios de la Universidad del Atlántico y creación del programa de mantenimiento preventivo a los equipos de medición”. Tesis de pregrado. Universidad del Atlántico, Puerto Colombia. 2011.

[34] International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM): BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 2012.

[35] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NTC-ISO 17025. Bogotá D.C. 2017.

[36] Centro Español de Metrología. *Procedimiento ME-005 para la calibración de balanzas monoplato*. Ministerio de industria, energía y turismo. 2005. España.

[37] Instituto colombiano de normas técnicas y certificación. Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automáticos. Requisitos metrológicos y técnicos. NTC 2031. Segunda edición. Bogotá D.C. 2014.

[38] INTERNATIONAL ORGANIZATION OF LEGAL METROLOGY, OIML, Non-automatic Weighing Instruments Part 1: Metrological and Technical Requirements. Tests. Paris, Francia, 144 p. 2006. (OIML R 76-1).

[39] Jeannette Cristina Forero H. (2016, noviembre). “*Estrategias para definir el plan de confirmación metrológica*”. Instituto nacional de salud, Bogotá D.C.