

Diccionario de Términos Metrológicos Básicos

© Copyright by RADWAG Wagi Elektroniczne

Radom 2023 Ed. I

RADWAG Wagi Elektroniczne

26-600 Radom, ul. Toruńska 5

Tfno.: 48 48 3848800, fax 48 48 3850010

correo electrónico:

radom@radwag.pl

<http://www.radwag.com>

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	AJUSTE.....	5
2.	ACLIMATACIÓN.....	6
3.	ERROR DE MEDICIÓN.....	7
4.	ERROR DE LÍMITE PERMITIDO.....	7
5.	ERROR SISTEMÁTICO.....	8
6.	ERROR ACCIDENTAL.....	8
7.	PRESUPUESTO DE INCERTIDUMBRE.....	8
8.	PESO.....	9
9.	TIEMPO DE PESAJE.....	10
10.	SENSIBILIDAD DE LA BALANZA.....	11
11.	PRECISIÓN.....	12
12.	DIGITAL WEIGHING AUDITOR.....	13
13.	DERIVA.....	14
14.	PARCELA DE VERIFICACIÓN DE PESAJE.....	15
15.	BPF - BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN.....	16
16.	ORGANISMO NOTIFICADO.....	17
17.	CALIBRACIÓN.....	17
18.	KILOGRAMO.....	18
19.	LINEALIDAD.....	19
20.	PESO.....	20
21.	PESO MÍNIMO.....	21
22.	MÓDULO AMBIENTAL DE LA BALANZA.....	22
23.	MONITORIZACIÓN DE CALIDAD DE PESAJE.....	23
24.	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN.....	24
25.	CARGA MÍNIMA.....	25
26.	DESVIACIÓN DE CENTRALIDAD.....	26
27.	PESA.....	27
28.	PERSONAL.....	28
29.	EXCITABILIDAD DE LA BALANZA.....	29
30.	PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN.....	30
31.	RESOLUCIÓN DE LA BALANZA.....	31
32.	FLOTABILIDAD.....	32
33.	TRAZABILIDAD.....	33
34.	TERMOGRAVIMETRÍA.....	34
35.	BALANZA.....	35
36.	ANALIZADOR DE HUMEDAD.....	36
37.	VALIDACIÓN.....	37
38.	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LA BALANZA.....	38
39.	HUMEDAD DEL MATERIAL.....	39
40.	CALIBRACIÓN.....	40
41.	PATRÓN DE PESO.....	41
42.	RANGO DE PESAJE.....	42
43.	REDONDEO DEL RESULTADO DE PESAJE.....	42

AJUSTE

Un conjunto de actividades como resultado de las cuales se pone en funcionamiento un instrumento de medición correspondiente a su uso previsto. En el caso de las balanzas electrónicas, la sensibilidad de la balanza se corrige comparando el resultado de pesaje del padrón de ajuste interno con su valor de referencia. Dichas comparaciones se realizan en ciclos automáticos, controlados por cambios de temperatura y tiempo, o semiautomáticos, controlados por el operador.

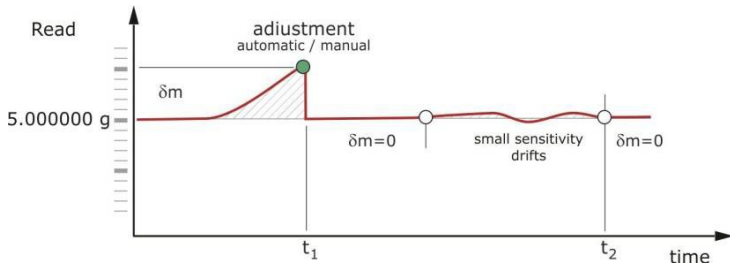


Figura 1. Principio de funcionamiento del ajuste.

read	Lectura
Adjustment automatic / manual	Ajuste automático / manual
Small sensitivity drift	Pequeñas derivas de sensibilidad
time	tiempo

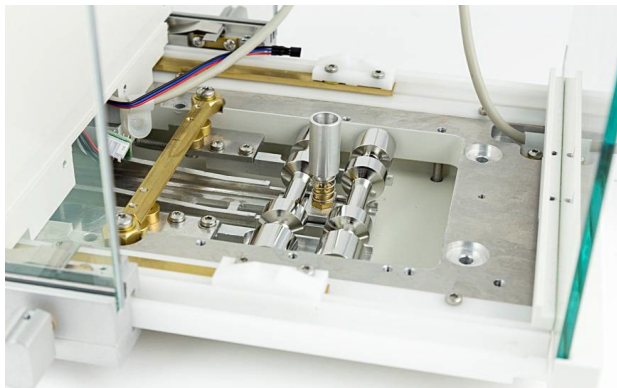


Figura 2. Sistema de ajuste automático de balanzas de la serie XA.

ACLIMATACIÓN

El proceso de estabilización de una balanza electrónica después de haber sido conectada a la red eléctrica, cuando existe una diferencia significativa de temperatura o humedad entre la balanza y el entorno en el que se va a utilizar. El periodo de aclimatación depende de la resolución de la balanza y de la diferencia de temperatura entre la balanza y el entorno de trabajo. En la práctica, el tiempo de aclimatación de la balanza es de aproximadamente 12 horas. Es posible utilizar la balanza durante su estabilización, pero se debe tener en cuenta su variabilidad potencial durante la aclimatación.

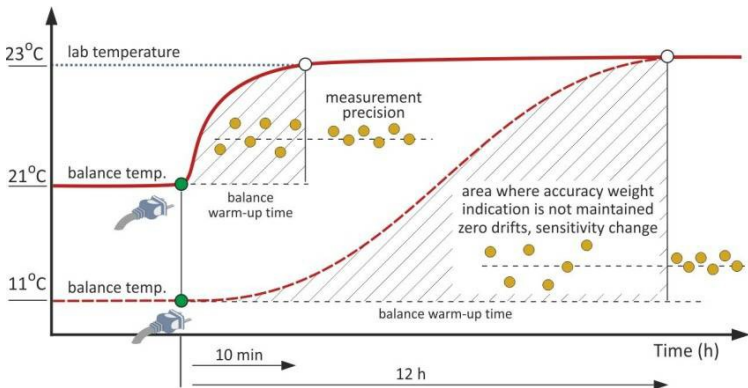


Figura 3. Proceso de aclimatación de la balanza.

Lab temp...	Temperatura de laboratorio
Balance temp.	Temperatura de balanza
Measurement precision	Precisión de medición
Area where...	Área en la que no se mantiene la indicación
Balance warm-up...	Tiempo de calentamiento de la balanza



Figura 4. Control de condiciones ambientales: microbalanza MYA 5.5Y

ERROR DE MEDICIÓN

El error de medición es la diferencia entre el resultado de la medición y el valor real del mensurando.

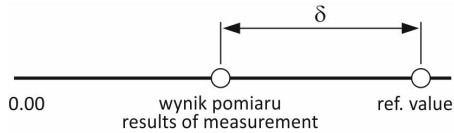


Figura 5. Determinación del error para la medición de la masa.

Wynik pomiaru	Resultado de la medición
Ref. value	Valor de ref.

ERROR DE LÍMITE PERMITIDO

La diferencia positiva o negativa máxima permitida entre la indicación de la balanza y el valor correcto correspondiente, determinada por los padrones de referencia de la unidad de masa (ref. value) o los requisitos del fabricante. Cada balanza de laboratorio está sujeta a inspección por parte del departamento de control de calidad (QC), que compara las indicaciones de la balanza con los límites que se aplican en Radwag.



Figura 6. Balanza analítica XA 82/220.5Y: documentación metrológica.

ERROR SISTEMÁTICO

Un sesgo es un componente de un error de medición que permanece constante o cambia de manera predecible en mediciones repetidas. El valor de referencia para el sesgo es el valor real del patrón de medición con una incertidumbre de medición insignificante o el valor convencional. La corrección del resultado de la medición se puede utilizar para compensar un sesgo conocido.

Fuente: International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). 2007

ERROR ACCIDENTAL

Un error aleatorio es un componente de un error de medición que cambia de manera impredecible en mediciones repetidas. Para una sola medición, es la diferencia entre el resultado de la medición y el promedio de un número infinito de resultados de medición del mismo mensurando, realizada en condiciones de repetibilidad.

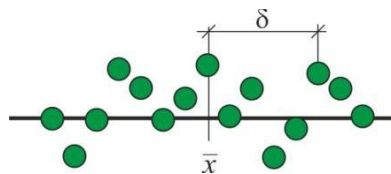


Figura 7. Error aleatorio de medición.

Fuente: International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). 2007

PRESUPUESTO DE INCERTIDUMBRE

Un conjunto de todos los factores que afectan la precisión del proceso de pesaje. Se tienen en cuenta parámetros de la balanza como el escalón, la repetibilidad de las indicaciones, etc., pero la evaluación también puede aplicarse a otras áreas, siempre que contengan información relevante. El presupuesto de incertidumbre debe contener sólo aquellos componentes que tengan un impacto significativo en la medición de la masa.

PESO

La fuerza de atracción gravitacional ejercida sobre un cuerpo dado por otro cuerpo, por ejemplo, la Tierra. Cada dos cuerpos se atraen con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos (ley de gravitación universal).

Cada balanza electrónica mide la fuerza gravitacional con la que la muestra pesada es atraída por la Tierra. La fuerza gravitacional es variable en función de la latitud y altitud sobre el nivel del mar, de ahí la necesidad de ajustar las balanzas tras su desplazamiento al lugar de uso.

$$F = m \cdot g$$



Figura 8. Comparación de patrones de masa en modo automático.

OBSERVACIÓN

Debido a las diferencias de densidad que se producen entre los patrones de masa (aprox. 8g/cm^3) y las muestras reales, la masa de las muestras reales es la llamada masa convencional. Conociendo la densidad de la muestra pesada, es posible determinar su masa real mediante la aplicación para balanzas de la serie 5Y.

TIEMPO DE PESAJE

El tiempo de pesaje es el tiempo que se tarda en realizar un determinado ciclo de medición, que incluye actividades como abrir la cámara de pesaje, colocar la carga en la placa de pesaje, cerrar la cámara de pesaje, aceptar el resultado del pesaje, abrir la cámara de pesaje y retirar la carga de la placa de pesaje.

El tiempo de estabilización es el tiempo después del cual el resultado del pesaje de la muestra se encuentra en el área de aceptación. El área de aceptación está determinada por la desviación máxima del resultado del pesaje, que se puede adoptar teniendo en cuenta los requisitos de calidad relacionados con la medición de la masa.



Figura 9. Balanza AS 220.X2: medición de la masa del líquido.

OBSERVACIÓN

Las operaciones de colocación de la carga en la placa son difíciles de estimar debido a las características y capacidades individuales de los operadores. El tiempo de estabilización real de la muestra no depende significativamente del valor de su masa. Al modificar los parámetros de la balanza, como el perfil de pesaje, se pueden obtener tiempos de estabilización más cortos, pero debe tenerse en cuenta que generalmente un aumento en la velocidad de estabilización conduce a una disminución en la precisión del pesaje.

SENSIBILIDAD DE LA BALANZA

La sensibilidad de la balanza electrónica es el cociente del cambio en la indicación del sistema de medición (ΔR) y el cambio correspondiente en el valor del mensurando (Δm).

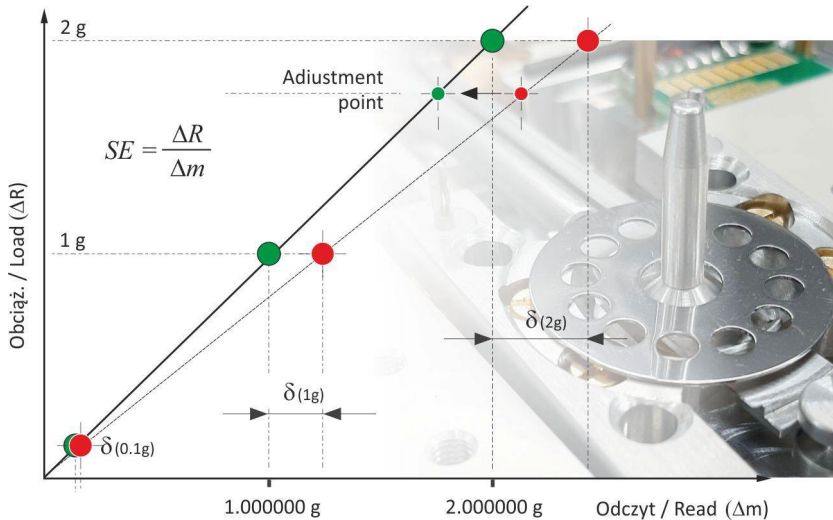


Figura 10. Ajuste de la sensibilidad mediante el ajuste de la balanza: vista del patrón de ajuste interno de las microbalanzas de la serie MYA 5Y.

obciążenie	Carga
Adjustment point	Punto de ajuste
Odczyt	Lectura

Debido a la imperfección de los métodos e instrumentos de medición, la sensibilidad de la balanza oscila alrededor del valor objetivo. El ajuste de sensibilidad se realiza durante el ajuste de a balanza, de forma automática o semiautomática.



Figura 11. Control de sensibilidad de la balanza con patrones de masa: QC Radwag.

PRECISIÓN

La precisión es el grado de concordancia entre el resultado de la prueba y el valor de referencia adoptado. La precisión es un concepto cualitativo, no cuantitativo, no se puede expresar numéricamente. Se puede decir que una medición es precisa cuando el sesgo y el valor aleatorio asociado con la medición tiene un valor aceptable: se encuentra dentro de los límites definidos.

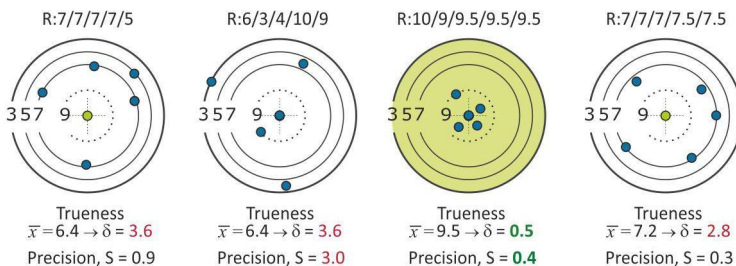


Figura 12. Sesgo (trueness) y error aleatorio (precisión) de la serie de medición.

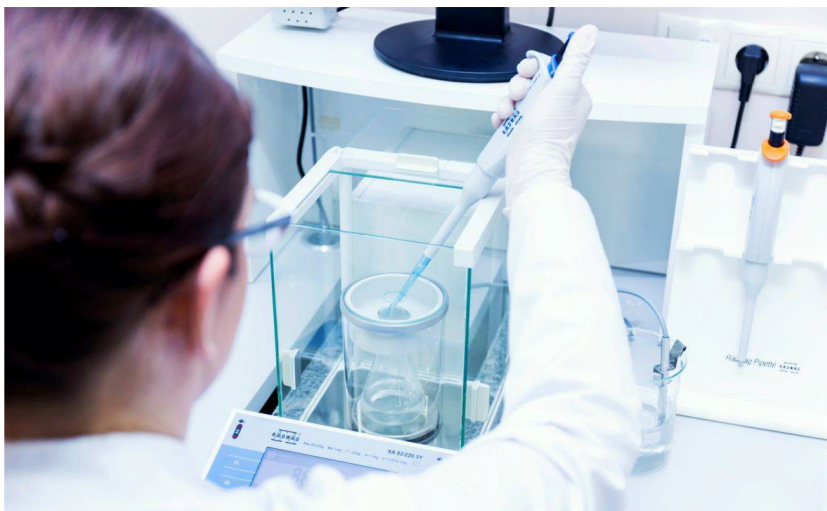


Figura 13. Control de volumen de pipetas de pistón: evaluación del sesgo y el error aleatorio.

DIGITAL WEIGHING AUDITOR

Preparar la balanza para la operación es el primer paso para obtener una medición precisa de la masa. Digital Weighing Auditor es una aplicación de pesaje avanzada que controla en línea el estado de la balanza informando sobre la necesidad de realizar ajustes, nivelaciones, cambios excesivos de temperatura y humedad en el entorno de trabajo. Toda la información se registra en la base de datos con posibilidad de su reproducción (Audit trail).



Figura 14. AP 12.5Y: control de volumen de pipetas de pistón en modo automático.

La supervisión del funcionamiento de la balanza es necesaria no sólo durante las mediciones convencionales, sino también en cualquier otro proceso que utilice la medición de la masa, por ejemplo, la verificación del volumen de las pipetas de pistón, el control de las desviaciones porcentuales del patrón, la determinación de la densidad de la muestra, etc.

OBSERVACIÓN

La función DWA es uno de los elementos de la llamada Audit trail que garantiza la seguridad y fiabilidad de los datos. Esta solución permite reproducir el curso de los eventos en el proceso de medición de la masa, introducción de datos, información y realización de cambios significativos en los ajustes de la balanza. Esto lo requiere la farmacia de acuerdo con las regulaciones de la FDA (21 CFR Parte 11), pero se puede utilizar en cualquier sistema de gestión de calidad.

DERIVA

La variabilidad de las indicaciones de la balanza durante su uso y la deriva de la indicación de cero de la balanza se pueden observar durante su aclimatación. Este proceso desaparece cuando se logra la estabilización térmica. La deriva del resultado del pesaje es la variabilidad de las indicaciones de la balanza cuando la placa de pesaje está cargada con una carga; fuentes de inestabilidad: los procesos de sorción de humedad por la muestra, la aparición de cargas electrostáticas desequilibradas en las superficies de las muestras pesadas, el movimiento excesivo de aire, la vibración del sustrato.



Figura 15. Electricidad estática en la medición de la masa de los filtros: ionizador DJ-04.

OBSERVACIÓN

La variabilidad de la indicación de la balanza (deriva) para el pesaje típico es un fenómeno desfavorable que debe minimizarse. En algunos casos, la dinámica, es decir, la deriva de procesos como la sorción, la desorción, se puede investigar utilizando la posibilidad de transmisión automática del resultado del pesaje. La detección de incluso cambios muy pequeños en la masa es posible con el uso de balanzas analíticas profesionales de la serie XA.5Y.

PARCELA DE VERIFICACIÓN DE PESAJE

Escalón de verificación de la balanza (e): es el valor convencional utilizado para evaluar y clasificar balanzas. El término proviene de la metrología legal de la OIML. El valor más pequeño del escalón de verificación es de 1 mg (10^{-3} g) y, por lo tanto, es la masa más pequeña de la pesa que se puede hacer (OIML R111-1).



Figura 16. Fragmento de la pantalla de las microbalanzas MYA 5.5Y.

El valor del escalón (d) de las balanzas de laboratorio puede estar en el rango de $10^{-4} \div 10^{-7}$ y es significativamente menor que el valor del escalón de verificación. Tal relación obliga al uso de otros métodos al verificar la precisión de las indicaciones de la balanza. Esto es especialmente evidente en el caso de las microbalanzas y las ultramicrobalanzas: los errores de los patrones de masa y la incertidumbre de su determinación pueden ser demasiado grandes.

0.000000g

e d

Figura 17. Escalón de verificación (e) y de lectura (d) de microbalanzas de la serie MYA.

BPF - BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN

GMP, del inglés Good Manufacturing Practice, un conjunto de estándares utilizados en la producción industrial que garantizan la alta calidad del producto terminado. También aseguran el control sobre la calidad y el origen de las materias primas. Los estándares GMP se desarrollaron originalmente para la industria farmacéutica, pero ahora también son utilizados por compañías de cosméticos, fabricantes de suplementos nutricionales, etc.

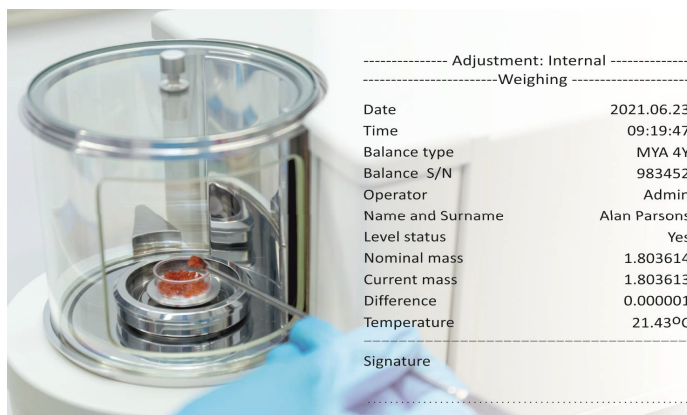


Figura 18. Ejemplo de un informe de ajuste de la balanza.

Adjustment: Internal	Ajuste: interno
Weighing	Pesaje
Date	Fecha
Time	Hora
Balance type	Tipo de balanza
Balance S/N	Núm. de serie de la balanza
Operator	Operador
Name and Surname	Nombre y apellidos
Level status	Estado de nivel
Nominal mass	Masa nominal
Current mass	Masa actual
Difference	Diferencia
Temperature	Temperatura
Signature	Firma

Observación

Para las mediciones de masa, GMP determina la verificabilidad de todos los procesos de pesaje, como el inicio de sesión, la medición, la impresión, la transferencia de datos y el informe. Cada elemento del proceso está relacionado con un operador específico y el momento en que se inició y terminó un proceso determinado.

ORGANISMO NOTIFICADO

Una organización designada por las autoridades pertinentes de cada uno de los Estados miembros de la Unión Europea para realizar las tareas derivadas de las disposiciones de las Directivas individuales de Nuevo Enfoque. El organismo notificado examinará, a petición del fabricante, la conformidad de las balanzas con los requisitos legales. Emite certificados de homologación de tipo para balanzas y los llamados Certificados de prueba de los instrumentos de medición de prueba (medidores) que se pueden utilizar para construir balanzas y sistemas de pesaje. Los Organismos Notificados Europeos son NMI (Países Bajos), PTB (Alemania), LNE (Francia), CMI (República Checa), GUM (Polonia), etc.

CALIBRACIÓN

Calibración, un término históricamente asociado con el proceso de ajuste de la balanza (ver ajuste). Probablemente tiene su origen en la palabra inglesa **Calibration**, que significa calibración, es decir, determinar las desviaciones del instrumento de medición. Normalmente, durante la calibración de las balanzas electrónicas, no se realizan ajustes en la sensibilidad de la balanza, por lo que de hecho no se ajustan las indicaciones de la balanza.

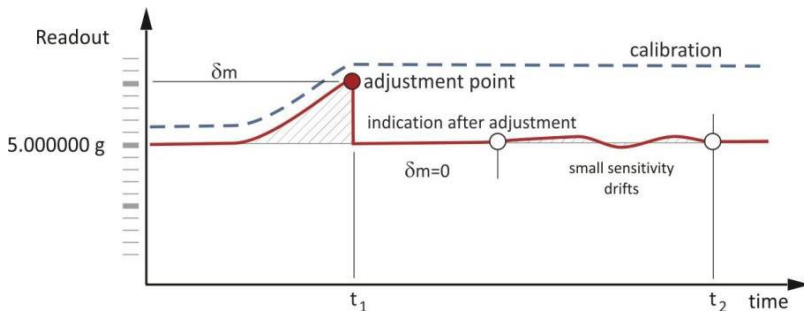


Figura 19. Diferencia entre ajuste y calibración.

Adjustment: Internal	Ajuste: interno
Weighing	Pesaje
Date	Fecha
Time	Hora
Balance type	Tipo de balanza
Balance S/N	Núm. de serie de la balanza
Operator	Operador
Name and Surname	Nombre y apellidos
Level status	Estado de nivel
Nominal mass	Masa nominal
Current mass	Masa actual
Difference	Diferencia
Temperature	Temperatura
Signature	Firma

KILOGRAMO

Anteriormente, era la masa de un cilindro de iridio-platino con un diámetro igual a la altura, que se almacenaba en Sèvres, cerca de París. Desafortunadamente, a lo largo de los años, se iba registrando una variabilidad significativa en la masa del patrón, lo que llevó a los científicos a desarrollar una nueva fórmula que describe la masa de 1 kg. Actualmente, la definición de 1 kg utiliza la constante de Planck y la técnica se realiza utilizando la llamada balanza de Watt.

Definición de kilogramo: una unidad de masa, con designación «kg», se define asumiendo un valor numérico fijo de la constante de Planck h , que es de $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$, expresada en la unidad Js, que es igual a $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, siendo el metro y el segundo definidos por c y $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.

$$m = \frac{UI}{gv}$$

donde: U – tensión; I – corriente ; g – aceleración de tierra

V – velocidad de desplazamiento de la bobina

OBSERVACIÓN

Para reproducir la unidad de medida de 1 kg, se realizan dos experimentos, el primero con una carga, cuando la corriente I fluye a través de la bobina inmóvil. La fuerza electrodinámica que se produce entre dos bobinas con un alambre enrollado se mide y luego se utiliza para calcular la intensidad de corriente. Se mide la corriente que fluye en las bobinas, que es necesaria para mantener la balanza en la posición de equilibrio cuando la balanza está cargada con un peso. De esta manera, el patrón de masa puede reproducirse mediante la fuerza del campo magnético.

$$w = m \cdot g = B \cdot L \cdot I$$

Experimento dinámico, sin carga: la misma bobina se mueve en el mismo campo magnético a una velocidad conocida v , sin que fluya corriente a través de la bobina. Cuando el devanado del alambre de la bobina se mueve a una velocidad conocida v en el campo magnético w , de acuerdo con la ley de inducción electromagnética de Faraday, se genera una tensión U en los extremos del alambre.

$$U = B \cdot L \cdot v$$

LINEALIDAD

Desviación de la característica de linealidad real de la balanza de la línea recta, que describe la ecuación de balanza ideal. En la práctica, no hay balanzas ideales, por lo que la característica de la balanza nunca es una línea recta. En el proceso productivo se buscan tal característica.

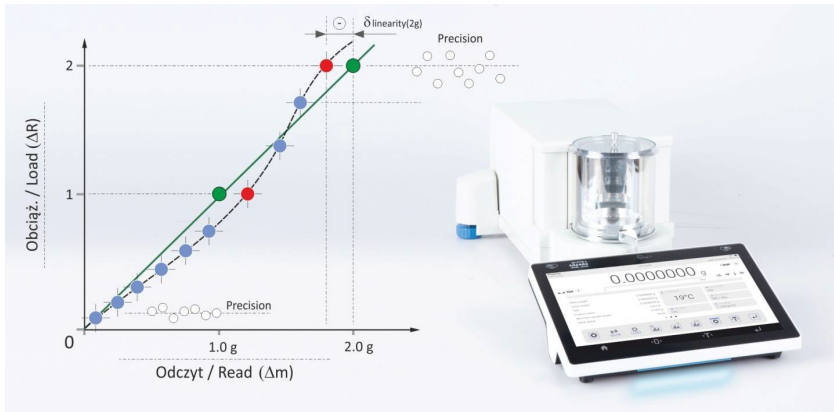


Figura 20. Curva hipotética de linealidad de la microbalanza.

Obciąż.	Carga
linearity	linealidad
precision	Precisión
Odczyt	Lectura

Observación

El error de linealidad dado en los datos técnicos de la balanza es la mayor desviación registrada para todo el rango de medición. La linealidad está determinada por padrones de masa certificados; este parámetro no puede determinarse mediante la muestra real. Existen varios métodos de prueba de linealidad que son aplicables dependiendo de cuál sea la resolución de la balanza.

PESO

Medida de inercia, es decir, la tendencia del cuerpo a permanecer en reposo o moverse a una velocidad determinada. Se entiende comúnmente como la cantidad de materia y energía acumulada en un objeto físico: **tiene un valor constante** y no depende de la ubicación. La masa en el proceso de pesaje puede mostrar cierta variabilidad como resultado de la sorción de humedad, por ejemplo, el pesaje de polvos. Cuando se produce el fenómeno de electricidad estática, la masa de la muestra pesada muestra una deriva creciente o decreciente de la indicación, →ver deriva.



Figura 21. Comparador de la serie WAX: determinación de masa de la pesa.

OBSERVACIÓN

A pesar de la creencia popular, la masa no es una expresión de la cantidad de materia que, según el Sistema Internacional de Unidades de Medida, se determina en moles.

PESO MÍNIMO

El peso mínimo de una muestra, el llamado MSW: es un valor que determina el comienzo del rango de pesaje de cada balanza. Las mediciones realizadas por debajo de este umbral se consideran inexactas. Para designar el MSW se utiliza la siguiente relación:

$$MSW = 2000 \cdot S$$

donde:

S – desviación estándar de una serie de 10 mediciones

La condición que describe el MSW resulta directamente de los requisitos de la USP 41 «Weighing on the analytical balances» y Ph. Eur. 1.2.7. donde se da la condición para la precisión de pesar pequeñas masas.

$$R = \frac{2 \cdot S}{M} \leq 0.10\% \rightarrow \frac{2 \cdot S}{m} \leq 0,001$$

OBSERVACIÓN

La desviación estándar más pequeña posible de la serie de mediciones es de 0.41d, por lo que el valor más pequeño para el MSW dependiendo del escalón de la balanza (d) puede ser:

- $d = 0.01 \text{ mg} \rightarrow MSW = 0.41 \cdot 0,01\text{mg} \cdot 2000 = 8,2 \text{ mg}$
- $d = 0.001 \text{ mg} \rightarrow MSW = 0.41 \cdot 0,001\text{mg} \cdot 2000 = 0,82 \text{ mg}$
- $d = 0.0001 \text{ mg} \rightarrow MSW = 0.41 \cdot 0,0001\text{mg} \cdot 2000 = 0,082 \text{ mg}$



Figura 22. Función MSW en balanzas de la serie 5Y.

MÓDULO AMBIENTAL DE LA BALANZA

El control de los parámetros ambientales básicos (temperatura, humedad, presión, vibraciones del sustrato) se realiza automáticamente a través de los sensores internos de la balanza. Establecer valores límite y la dinámica de variaciones en estos valores con visualización simultánea es una herramienta de trabajo ergonómica y eficiente.



Figura 23. Balanza XA 82/220.5Y con sensor de condiciones ambientales adicional.

También es posible conectar sensores externos al menú de la balanza, que informan sobre las condiciones ambientales en el laboratorio exactamente en el lugar de trabajo.

MONITORIZACIÓN DE CALIDAD DE PESAJE

El principio de funcionamiento de cada balanza consiste en medir la fuerza con la que la Tierra atrae la carga pesada. Los impactos adicionales resultantes de la colocación incorrecta de la carga sobre la placa de pesaje pueden afectar significativamente la precisión de la medición. Esto es especialmente importante cuando se pesan pequeñas porciones de la sustancia. Las últimas soluciones ofrecidas en las balanzas de la serie 5Y monitorizan la dinámica de colocación de las cargas informando al usuario sobre la calidad de este proceso. El icono en rojo indica que el impacto al colocar la muestra fue demasiado grande.



Figura 24. Evaluación automática de la calidad del proceso de pesaje.

OBSERVACIÓN

Señalar un impacto no equivale a la ocurrencia de un error de medición, sino que es información sobre la necesidad de aumentar la capacidad de colocar muestras sobre la placa de pesaje o verificar el método utilizado en el laboratorio, por ejemplo, la introducción de la automatización.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición es un parámetro no negativo que caracteriza la dispersión del valor de la magnitud, asignado al mensurando y calculado sobre la base de la información obtenida*). La incertidumbre de medición de tipo A se define por la desviación estándar de una serie de mediciones y se utiliza para evaluar la precisión del pesaje de muestras de pequeña masa.

$$u(x) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

La incertidumbre de tipo B se estima teniendo en cuenta toda la información relevante sobre el proceso de medición de masa, como error de linealidad, error de centralidad, error en el punto de medición, etc. Cada resultado de la medición de masa de la muestra debe indicarse junto con la incertidumbre de su determinación.

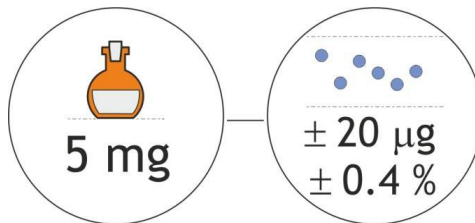


Figura 25. Incertidumbre de medición

*) - International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM), 3rd Edition.

CARGA MÍNIMA

Según las normas de la OIML R 76, la carga mínima es el valor de la carga por debajo del cual los resultados del pesaje pueden estar sujetos a un error relativo excesivo. El rango de pesaje de cada balanza está dentro de la carga mínima (Mín.) y la carga máxima (Máx.). De acuerdo con la metrología legal, el valor de masa mínima está determinado por la relación relacionada con el escalón de la balanza, dependiendo de la clase de precisión de la balanza:

- Mín. = 100d (clase de precisión I)
- Mín. = 50d o 20d (clase de precisión II)



Figura 26. Carga mínima de las balanzas.

OBSERVACIÓN

UNE-EN 45501:2015, «Aspectos metroológicos de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático.» es una norma que describe todos los requisitos relacionados con el diseño, operación y marcado de instrumentos de pesaje que se pueden utilizar en el campo de la metrología legal.

DESVIACIÓN DE CENTRALIDAD

La desviación de centralidad según la OIML R76 se determina estableciendo un patrón con una masa de $\frac{1}{3}$ de la carga máxima de la balanza en el medio de cada uno de los 4 segmentos de la placa de pesaje. El error de pesaje del patrón de masa debe ser menor que el error máximo permitido para la carga aplicada.

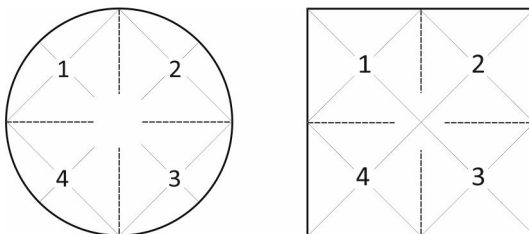


Figura 27. Puntos de control para la prueba de centralidad.

La desviación diferencial de la centralidad*) es la diferencia que se produce entre las indicaciones cuando el patrón se coloca fuera del centro de la placa de pesaje y la indicación cuando el mismo patrón se coloca exactamente en el punto central de la placa.



Figura 28. Prueba de centralidad de la balanza XA 220.5Y.

+) I-CAL-GUI-018/v4.0/2015-10-01

PESA

Las pesas son instrumentos de medición que son patrones de medición. Su especificación se determina en documentos como OIML R111 «Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃. Part 1: Metrological and technical requirements», ASTM E617-18 «Standard Specification for Laboratory Weights and Precision Mass Standards».

OIML, la Organización Internacional de Metrología Legal definió los requisitos metroológicos para pesas en el área de verificación obligatoria en todo el mundo. Los requisitos se especifican para las clases de precisión, material, forma, identificación, densidad, magnetismo, etc. Las pesas se utilizan en el área de metrología legal y requieren una nueva verificación como instrumentos de medición.

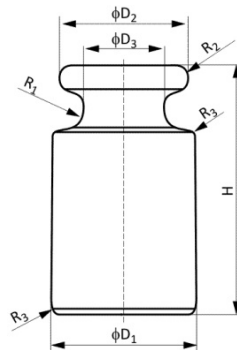


Figura 29. Pesa según la OIML, dimensiones generales

Prácticamente, en la evaluación del funcionamiento de las balanzas, se utilizan patrones de masa que tienen las mismas características físicas que las pesas. Los patrones de masa tienen una masa específica junto con la incertidumbre de su determinación y no están sujetas a la metrología legal.



Figura 30. Conjunto de patrones de masa.

PERSONAL

Los mejores resultados se obtienen cuando el personal es consciente de la importancia de las actividades realizadas, conoce al mismo tiempo las capacidades y limitaciones de medición que resultan del método de medición aplicado y los instrumentos usados. En el caso de las mediciones de masa, la técnica de pesaje y la capacidad de evaluar correctamente el resultado de la medición son importantes. Las balanzas analíticas y microbalanzas fabricadas por Radwag permiten la medición de la masa de muestras de varios miligramos (mg) con una precisión de varios microgramos (μg). Un proceso aparentemente simple puede verse afectado por muchos factores externos.

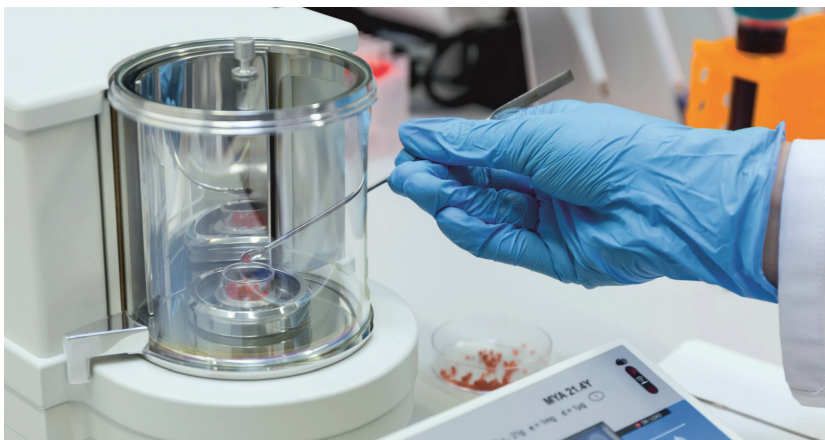


Figura 31. Personal: buenas prácticas de pesaje.

La adquisición de habilidades apropiadas en el campo de la realización de mediciones de masa correctas se lleva a cabo sólo a través de pruebas prácticas, el conocimiento es algo completamente diferente de las habilidades. Con esto en mente, Radwag ofrece la oportunidad de participar en cursos de formación teórica y práctica periódicos.

EXCITABILIDAD DE LA BALANZA

Capacidad de la balanza para responder a pequeños cambios de carga. El umbral de excitabilidad es el valor de la carga adicional más pequeña que, colocada o retirada suavemente de la placa, causa un cambio notable en la indicación. La excitabilidad de la balanza puede ser importante cuando se dispensan cantidades muy pequeñas de la sustancia o en procesos donde se observa variabilidad de la indicación de la balanza cuando la muestra se coloca constantemente sobre la placa de pesaje.



Figura 32. Dispensación de ingredientes durante la producción de pinturas.

OBSERVACIÓN

Una excitabilidad demasiado baja de la balanza puede causar errores relativos excesivos. Durante los procesos de pesaje típicos, cuando la masa de la muestra es significativa, la excitabilidad no es un factor metrológico relevante.

PRECISIÓN DE LA MEDICIÓN

La precisión de medición es la convergencia entre indicaciones o valores de mensurando obtenidos en el mismo objeto o en objetos similares en determinadas condiciones. La precisión de la medición se mide mediante la desviación estándar S de una serie de mediciones. Usando el valor S , es posible determinar con cierta probabilidad dónde se encuentra el valor medido.

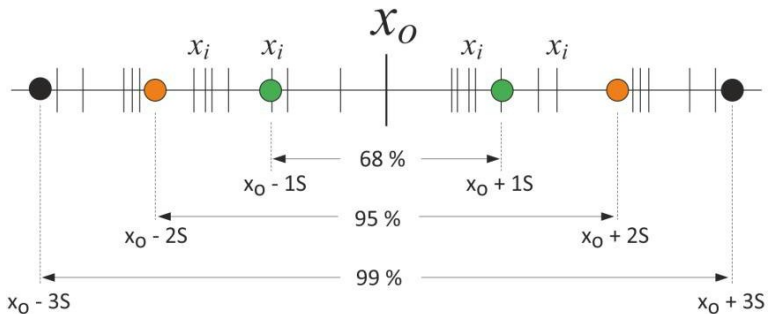


Figura 33. Precisión de la medición: regla de 3 sigmas

donde x_0 – valor medio

x_i – resultado de la medición

S – desviación estándar

Cuanto menor sea el valor de la desviación estándar (S), mejor será la precisión de la medición, mejor será la concentración de los resultados en torno al valor medio. La precisión de la medición depende de

- las condiciones para realizar la prueba (temperatura, humedad, vibraciones),
- el tamaño y la forma del objeto pesado,
- las habilidades de pesaje (sin impactos),
- la estabilidad térmica de la balanza y, en pequeña medida,
- el error de centralidad.

RESOLUCIÓN DE LA BALANZA

En el caso de las balanzas electrónicas, la resolución es la diferencia en las indicaciones correspondientes al cambio por la unidad del dígito menos significativo. Las resoluciones típicas de las balanzas de laboratorio varían de 10^{-2} a 10^{-7} g.



Figura 34. Control de volumen de pipetas de pistón.

OBSERVACIÓN

El término resolución no debe equipararse con el concepto de precisión de las indicaciones de la balanza, que depende de muchos factores. Algunos procesos requieren el uso de una balanza con una resolución específica, por ejemplo, el control de volumen de las pipetas de pistón.

FLOTABILIDAD

La fuerza de flotabilidad es una fuerza que actúa sobre un cuerpo sumergido en un líquido o gas en presencia de una fuerza gravitacional. La fuerza de flotabilidad se dirige verticalmente hacia arriba, es opuesta a la fuerza gravitacional. El valor de la fuerza de flotabilidad es igual al peso del fluido desplazado por este cuerpo, según la relación:

$$F_w = \rho \cdot g \cdot V$$

donde: ρ – densidad del medio en el que se encuentra el cuerpo (líquido o gas) g
– aceleración gravitacional
 V – volumen del fluido desplazado igual al volumen de la parte del cuerpo sumergida en el fluido.

La consecuencia de la fuerza de flotabilidad en las mediciones de masa es la distinción entre la masa convencional del cuerpo y la masa física, que es la cantidad de materia que tiene un cuerpo determinado. Si se conoce la masa física del cuerpo, se puede calcular el valor de la masa convencional de acuerdo con la OIML D 28 «Conventional value of the result of weighing in air» de la siguiente relación:

$$m_c = \frac{(1 - \rho_0)/\rho}{(1 - \rho_0)/\rho_c}$$

donde: m_c – masa convencional
 ρ – densidad del cuerpo pesado
 ρ_0 – densidad del aire
 ρ_c – densidad de referencia del patrón, 8000 kg/m³

TRAZABILIDAD

La propiedad de una medición o un patrón de la unidad de medida consistente en que pueden vincularse a referencias, que generalmente son patrones nacionales o unidades de medida internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, todas las cuales tienen incertidumbres específicas.

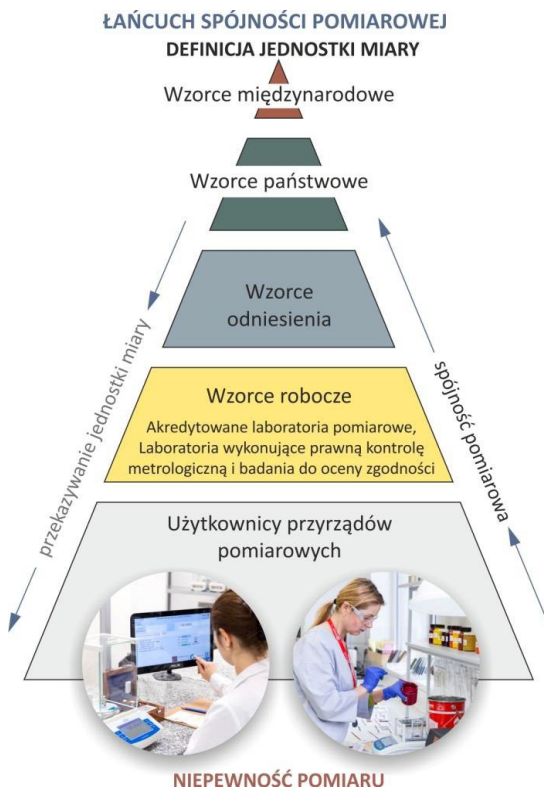


Figura 35. Trazabilidad en las mediciones de masa

łańcuch spójności pom...	CADENA DE TRAZABILIDAD
Definicja jedn...	DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE MEDIDA
Wzorce między...	Patrones internacionales
Wzorce pańs...	Patrones nacionales
Wzorce odn...	Patrones de referencia
Wzorce robocze	Patrones de trabajo Laboratorios de medición acreditados, Laboratorios responsables del control metrológico legal y pruebas de evaluación de conformidad
Użytkownicy prz...	Usuarios de instrumentos de medición
NIEPEWNOŚĆ POM...	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
Przekazywanie...	Transferencia de la unidad de medida
Spojność pom..	Trazabilidad

TERMOGRAVIMETRÍA

Técnica para determinar la pérdida de masa de una muestra que se produce durante su calentamiento controlado. Durante este proceso, se calcula la pérdida de masa de la muestra, el contenido de materia seca, el contenido de humedad y se traza la curva de secado. La termogravimetría como proceso físico es la base para el funcionamiento de los analizadores de humedad, que se utilizan para determinar rápidamente el contenido de agua o materia seca de varios productos.



Figura 36. Termogravimetría: analizador de humedad de microondas PMV 50.5Y.

OBSERVACIÓN

La prueba del contenido de agua utilizando analizadores de humedad requiere validación. Es un elemento esencial para garantizar que el método utilizado sea preciso y pueda aplicarse indistintamente con los métodos de referencia.

BALANZA

Instrumento de medición utilizado para determinar la masa corporal mediante la acción de la gravedad sobre ese cuerpo. El término «masa» se utiliza para referirse a la «masa convencional» o «valor convencional del resultado del pesaje en aire» de acuerdo con la OIML R111 o D28. La balanza también se puede utilizar para determinar otras magnitudes, cantidades, parámetros o propiedades dependientes de la masa.



Figura 37. Balanza no automática PS 1000.X2 con patrones de masa.

Puede funcionar en modo manual (balanza no automática) o en modo automático en una línea de producción, en cuyo caso está equipada con dispositivos adicionales para el marcado y la selección de productos controlados.



Figura 38. Balanza automática con alimentador y sistema de clasificación.

ANALIZADOR DE HUMEDAD

Un dispositivo de medición en el que la función de pesaje y calentamiento de la muestra se lleva a cabo al mismo tiempo. Sobre la base de la pérdida de masa, se determina el contenido de agua o materia seca en el producto probado. El método que utiliza un analizador de humedad requiere validación, es decir, demostrar la correlación del resultado del contenido de agua con el resultado del contenido de agua, que se obtiene utilizando métodos reconocidos (estandarizados).



Figura 39. Analizador de humedad: medición del contenido de agua.

OBSERVACIÓN

La precisión de las indicaciones de medición de masa se garantiza mediante el ajuste interno o el ajuste externo (con el patrón de masa). El proceso de ajuste para probar el contenido de agua no es obligatorio, porque el principio de funcionamiento del analizador de humedad se basa en la medición diferencial de la masa de la muestra (húmeda / seca). La temperatura de secado se ajusta en fábrica y no requiere correcciones periódicas.

VALIDACIÓN

Es una acción para confirmar de manera documentada y de acuerdo con los principios de las Buenas Prácticas de Manufactura que los procedimientos, procesos, dispositivos, materiales, actividades y sistemas realmente conducen a los resultados planificados. Para las balanzas, la validación incluye un control objetivo de sus parámetros metroológicos y el resultado del control se compara con los límites, o sea, los requisitos del usuario.

Para los procesos de secado, la validación es la optimización de los parámetros de secado para lograr la precisión y exactitud asumidas del análisis. En este proceso se debe conocer el valor de humedad de referencia de la muestra.

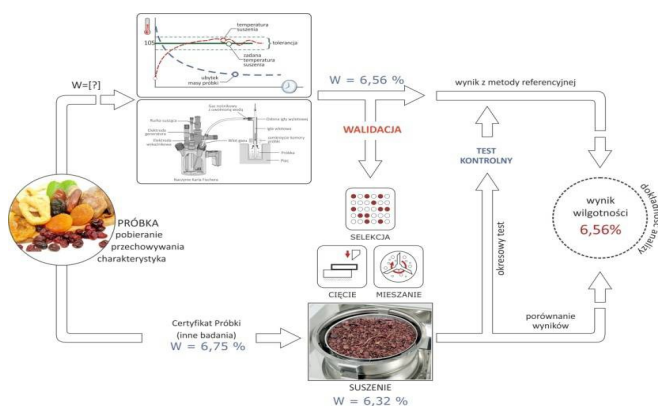


Figura 40. Validación para mediciones de contenido de agua.

WALIDACJA	VALIDACIÓN
PROBKA	MUESTRA muestreo almacenamiento característica
SELEKCJA	SELECCIÓN
TEST KONTROLNY	PRUEBA DE CONTROL
Wynik z metody ref.	Resultado del método de referencia
Wynik wilgotn..	Resultado de la humedad
Dokładność anal.	Precisión de análisis
Okresowy test	Prueba periódica
Porównanie wyników	Comparación de los resultados
CIECIE	CORTE
MIESZANIE	MEZCLA
Certyfikat próbki	Certificado de la muestra
SUSZENIE	SECADO
Temperatura suszenia	Temperatura de secado
Tolerancja	Tolerancia
Zadana temp. suszenia	Temperatura de secado de consigna
Ubytek masy próbki	Pérdida de masa de la muestra

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DE LA BALANZA

Para balanzas electrónicas con alta resolución, la estabilidad de la temperatura y la humedad en el entorno de trabajo es importante. Estos son dos factores clave que tienen un impacto significativo en la precisión de la medición de la masa. Además, existen otras áreas relacionadas directa e indirectamente con el entorno de trabajo que pueden afectar negativamente a la calidad del proceso.

Dependiendo del tipo de muestra probada, se puede considerar la influencia de factores tales como: vibraciones del sustrato, sorción de humedad por la estructura de la muestra, aparición de cargas estáticas desequilibradas, magnetismo, movimiento excesivo de aire, variabilidad de masa como resultado de la desorción de humedad, etc.

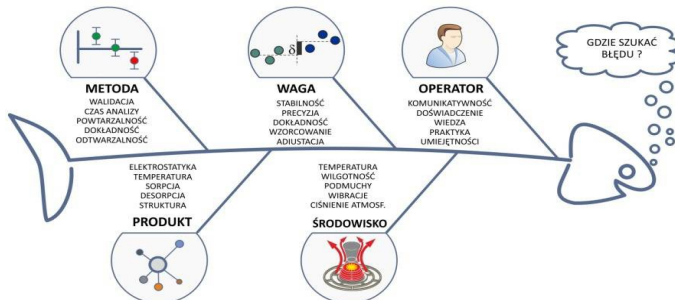


Figura 41. Factores que afectan al proceso de medición de masa.

METODA	MÉTOD VALIDACIÓN TIEMPO DE ANÁLISIS REPETIBILIDAD PRECISIÓN REPRODUCIBILIDAD
WAGA	BALANZA ESTABILIDAD PRECISIÓN CALIBRACIÓN AJUSTE
OPERATOR	OPERADOR COMUNICACIÓN EXPERIENCIA CONOCIMIENTO PRÁCTICA HABILIDADES
GDZIE SZUKAC BLEDU?	¿DÓNDE ENCUENTRO UN ERROR?
PRODUKT	ELECTROSTÁTICA TEMPERATURA SORCIÓN DESORCIÓN ESTRUCTURA PRODUCTO
SRODOWISKO	TEMPERATURA HUMEDAD CORRIENTES DE AIRE VIBRACIONES PRESIÓN ATMOSFÉRICA ENTORNO

Un factor relacionado con el proceso de medición de la masa o la preparación de la muestra para el análisis suele ser importante para la precisión del pesaje.

HUMEDAD DEL MATERIAL

La humedad relativa del material (muestra) es la relación entre la masa de agua contenida en el material y la masa del material húmedo. La determinación automática de la humedad relativa requiere el uso de un analizador de humedad, que determina la masa de la muestra húmeda y la masa de la muestra después del secado a una cierta temperatura.

$$w_{REL} = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \%$$



Figura 42. Preparación de la muestra para el secado.

La humedad absoluta es la relación entre la masa de agua contenida en el material y la masa del material totalmente seco.

$$w_{ABS} = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \%$$

OBSERVACIÓN

Al calentar las muestras con el analizador de humedad, todos los componentes volátiles se eliminan de la estructura de la muestra. Por lo tanto, el contenido de humedad del material es la suma de todos los componentes que se pueden eliminar a la temperatura de secado establecida.

CALIBRACIÓN

Un conjunto de actividades que determinan la relación entre los valores del mensurando indicados por la balanza y los valores correspondientes de las magnitudes físicas, representados por el patrón de medición. Las características de calibración son el error de medición, la incertidumbre de medición y la trazabilidad.

<p style="text-align: center;">RADWAG Wagi Elektroniczne Witold Lewandowski 26-600 Radom, ul. Toruńska 5 CENTRUM METROLOGII, BADAŃ I CERTYFIKACJI - LABORATORIUM POMIAROWE 26-600 Radom, ul. Starowiejska 17A tel. /38/ 386 64 70; fax /48/ 385 00 11</p>	
	 
<p>Calibration laboratory accredited by Polish Centre for Accreditation, a signatory to EA MLA and ILAC MRA that include recognition of calibration certificates. Accreditation No AP 069.</p>	
<h1>CALIBRATION CERTIFICATE</h1>	
Date of issue: 17 June 2021	Certificate No: 6076/2252/21
Page: 1 / 2	
<p>OBJECT OF CALIBRATION</p>	<p>Non-automatic electronic weighing instrument - single range Manufacturer RADWAG Wagi Elektroniczne Type / symbol MYA 5.4Y Serial No 702517 Capacity Max 5,1 g Scale interval <i>d</i> 1 mg</p>
<p>APPLICANT</p>	<p>RADWAG Wagi Elektroniczne ul. Toruńska 5, 26-600 Radom</p>
<p>USER</p>	
<p>PLACE OF CALIBRATION</p>	<p>RADWAG Wagi Elektroniczne Laboratorium Pomiarowe ul. Starowiejska 17A, 26-600 Radom</p>
<p>CALIBRATION METHOD</p>	<p>Calibration Procedure: PW 01 rev. XIII of 28 February 2018</p>
<p>ENVIRONMENTAL CONDITIONS</p>	<p>Air temperature: (22,59 + 22,94) ± 0,20 °C Relative humidity: (54,3 + 56,3) ± 1,1 %</p>
<p>DATE OF CALIBRATION</p>	<p>17 June 2021</p>
<p>TRACEABILITY</p>	<p>This certificate is issued under the agreement EA MLA in the field of calibration and provides traceability of measurement results to the International System of Units (SI)</p>
<p>CALIBRATION RESULTS</p>	<p>The results have been presented on page 2 of this certifiacae including uncertainty of measurement.</p>
<p>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</p>	<p>Uncertainty of measurement has been evaluated in compliance with EA-4/02 M:2013 The expanded uncertainty assigned corresponds to a coverage probability of 95 % and the coverage factor <i>k</i> = 2.</p>
	
<p>This certificate may be presented or copied as whole document only</p>	

Figura 43. Ejemplo de certificado de calibración.

PATRÓN DE PESO

El patrón de masa es un instrumento de medición diseñado para definir, realizar, mantener o reproducir una unidad de medida. La forma del patrón de masa puede ser arbitraria, sin embargo, el material del patrón debe garantizar la estabilidad de su masa en el tiempo, debe contar con identificación, un certificado de calibración junto con información sobre el mantenimiento de la trazabilidad y la incertidumbre de medición estimada. Los patrones de masa no se pueden usar como pesas en el sentido de la metrología legal. Para los patrones de masa, la clasificación básica es la incertidumbre de medida estimada durante su calibración.



Figura 44. Prueba de patrones de masa en modo automático.

OBSERVACIÓN

Periódicamente, los patrones de masa deben verificarse mediante recalibración para determinar su masa real respecto al patrón de referencia.

RANGO DE PESAJE

El intervalo entre la carga mínima (Mín.) y la carga máxima (Máx.) de la balanza. En la práctica, el umbral de pesaje de las masas pequeñas puede ser mayor debido a los requisitos relacionados con la precisión de pesaje requerida, → ver Masa mínima.

REDONDEO DEL RESULTADO DE PESAJE

Cada balanza electrónica mide la masa de la muestra con una resolución mucho mayor que la que se muestra en la pantalla de la balanza. Por lo tanto, cada resultado se redondea al valor del escalón (d) de la balanza.



Figura 45. Balanza de la serie XA: redondeo del resultado.

rzeczywista wartość zmierzona	valor real medido
wynik ważenia	resultado del pesaje
rzeczywista wartość zmierzona	valor real medido

OBSERVACIÓN

La obtención de una medición «más precisa» de la masa de la muestra requiere el uso de una balanza con un valor más pequeño del escalón. Al mismo tiempo, se debe observar el principio de que la precisión de medición aumenta cuando el valor del escalón disminuye.



RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE

26-600 Radom, ul. Toruńska 5

Tfno.: 48 48 3848800, fax 48 48 3850010

correo electrónico: radom@radwag.pl, <http://www.radwag.com>