

El ABC de la pesada



Experiencia

Pesar mejor

Manejo sin errores

Resultados exactos

Pesar correctamente
con balanzas de laboratorio

METTLER TOLEDO

Pesar correctamente con balanzas de laboratorio

Introducción	5
Emplazamiento de la balanza	6
Manejo de la balanza	8
Influencias físicas	12
Términos especializados	20
GWP [®] – Good Weighing Practice [™]	30

Introducción

Pesar es una de las tareas más habituales en el laboratorio. Las modernas balanzas analíticas, de precisión, microbalanzas y semimicrobalanzas están hoy en día tan perfeccionadas, que en general se puede prescindir de salas de pesaje específicas.

El progreso tecnológico en electrónica ha permitido simplificar considerablemente su manejo, reducir de forma drástica los intervalos de pesada y hacer las balanzas tan adaptables, que hoy día pueden integrarse directamente en un proceso de producción.

Sin embargo, este progreso trae consigo el peligro de no prestar la debida atención a las influencias perturbadoras del entorno. Se trata en su mayor parte de efectos físicos mensurables para las balanzas analíticas, microbalanzas y semimicrobalanzas y que dichas balanzas no pueden suprimir, pues se trata de modificaciones efectivas del peso (p. ej., evaporación lenta, absorción de humedades) o de fuerzas que actúan sobre el objeto a pesar y el plato de pesada (p. ej., magnetismo, electrostática) y que la balanza reconoce también como modificaciones del peso.

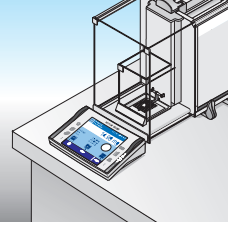
Con la presente información deseamos llamar la atención sobre los puntos más importantes a observar en el trabajo con balanzas analíticas, microbalanzas y semimicrobalanzas cuando se requieren resultados de la mayor calidad.

Tras unas breves indicaciones sobre el emplazamiento y el manejo apropiado de las balanzas se discuten una a una las influencias perturbadoras del entorno sobre la determinación del peso. La mayoría de dichas influencias son detectables por una indicación del peso lentamente cambiante (deriva).

Puesto que la interpretación correcta de los datos técnicos es esencial para evaluar un resultado de pesada, al final del documento se explican los términos especializados más habituales.

Emplazamiento de la balanza

La exactitud y reproducibilidad de los resultados de pesada están estrechamente relacionadas con el emplazamiento de la balanza. Observe los siguientes puntos para que su balanza pueda funcionar en las mejores condiciones:



Mesa de pesada

- Estable (mesa de laboratorio, cuerpo de laboratorio, banco de obra).
Su mesa de pesada no debería combarse al apoyar peso, y a ser posible no debería transmitir vibraciones.

- Mesa antimagnética (sin plancha de acero).

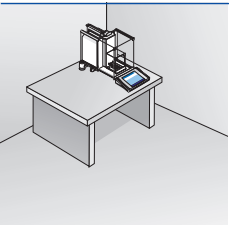
- Protegida contra cargas estáticas (sin plástico ni vidrio).

- Fijación única.

La mesa de pesada debería estar plantada sobre el suelo o bien estar fijada a la pared. Los dos tipos de fijación a la vez transmiten vibraciones de la pared y del suelo.

- Reservada para la balanza.

El lugar de emplazamiento y la mesa de pesada deben ser lo suficientemente estables como para que la indicación de pesada no varíe cuando se ejerza presión sobre la mesa o se den pasos sobre el suelo. Evite superficies de base blandas como p. ej. esterillas de escritorio. En cuanto al posicionamiento de la balanza, es preferible un emplazamiento justo encima de las patas de la mesa, pues ahí se producen menos vibraciones.



Sala de trabajo

- Con pocas vibraciones

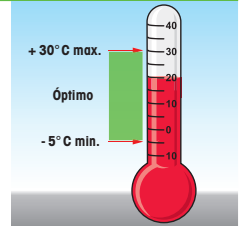
- Sin corrientes de aire

Coloque la mesa de pesada en un rincón de la sala. Ahí se encuentran los lugares con menos vibraciones del edificio. Lo ideal es que se entre a la sala por una puerta corrediza, para reducir la influencia del movimiento de la puerta.

Temperatura

- Intente mantener constante la temperatura ambiente: ¡los resultados de pesada dependen de la temperatura! (deriva típica: 1-2 ppm/°C).
- No pese cerca de radiadores ni ventanas.

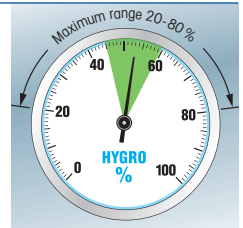
Las balanzas METTLER TOLEDO con “FACT” (autoajuste a motor completamente automatizado) pueden compensar la mayor parte de la deriva térmica residual. Por eso, deje siempre activado el “FACT”.



Humedad del aire

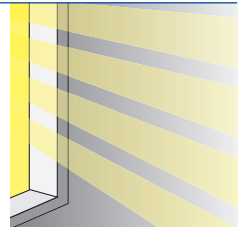
- La humedad relativa del aire (% HR) ideal se halla entre el 45 y el 60 %. En ningún caso debería excederse el campo de medida entre el 20 y el 80 % HR.

En las microbalanzas se recomienda una vigilancia constante. Dentro de lo posible, conviene corregir siempre las modificaciones.



Luz

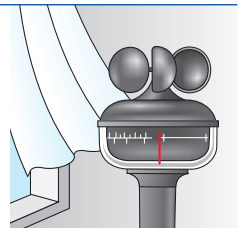
- A ser posible, coloque la balanza junto a una pared sin ventanas. La radiación solar directa (calor) influye en el resultado de la pesada.
- Sitúe la balanza a suficiente distancia de los elementos de iluminación para evitar la radiación de calor, especialmente en el caso de las bombillas. Utilice tubos fluorescentes.



Aire

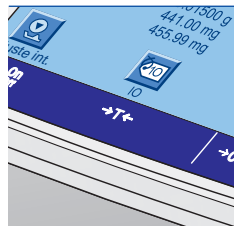
- No sitúe la balanza en la corriente de aire de aparatos de climatización o de aparatos con ventiladores, como ordenadores o grandes aparatos de laboratorio.
- Sitúe la balanza a suficiente distancia de los radiadores. Además de la posible deriva térmica, las fuertes corrientes de aire pueden también provocar alteraciones.
- No sitúe la balanza al lado de una puerta.
- Evite los lugares muy frecuentados.

Las personas al pasar provocan normalmente corrientes de aire en el lugar de pesada.



Manejo de la balanza

Las balanzas analíticas, de precisión, microbalanzas y semimicrobalanzas son instrumentos de medición de máxima precisión. Si sigue usted los siguientes consejos, obtendrá unos resultados de pesada fiables.



Conexión

- No desenchufe la balanza de la toma de red, déjela siempre conectada. De este modo puede establecerse un equilibrio térmico en la balanza.
- Cuando desconecte usted la balanza, utilice para ello la tecla de indicación (en los modelos más antiguos, la tecla de tara). La balanza se hallará entonces en modo standby. El sistema electrónico sigue estando bajo corriente y no necesita tiempo de calentamiento.

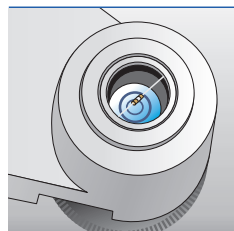


CONSEJO: La primera vez que se conecte a la alimentación eléctrica recomendamos distintos tiempos de calentamiento. Estos son en concreto:



- hasta 12 horas para las microbalanzas,
- aprox. 6 horas para las semimicrobalanzas y balanzas analíticas,
- aprox. 3 horas para las balanzas de precisión.

Independientemente de estos valores orientativos, respete en cualquier caso los tiempos mínimos indicados en los manuales de instrucciones.



Nivelación

- Equilibre la balanza.

Compruebe si la burbuja de aire del nivel de burbuja está en el centro. Puede usted realizar correcciones por medio de los pies ajustables. A continuación debe usted ajustar la sensibilidad de la balanza. El procedimiento exacto está descrito en el manual de instrucciones de la balanza.

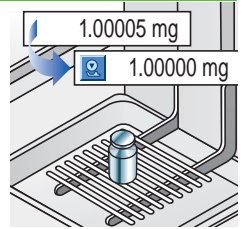


- **CONSEJO:** Si desea usted asegurar en todo momento la correcta nivelación de la balanza y además documentarlo, por ejemplo para cumplir los requisitos de GxP¹⁾, le recomendamos la familia de balanzas Excellence Plus con control automático del nivel incorporado "LevelControl".

¹⁾ GxP Buenas Prácticas de Laboratorio (GLP) o Buenas Prácticas de Fabricación (GMP)

Ajuste

- Ajuste regularmente la sensibilidad de la balanza, en especial cuando
 - ponga la balanza en servicio por primera vez
 - haya cambiado su emplazamiento
 - haya nivelado la balanza
 - se hayan producido grandes cambios en la temperatura, la humedad o la presión del aire.

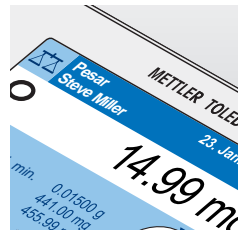
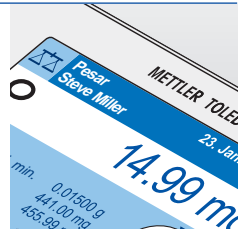


- ! CONSEJO: Si desea usted que el ajuste se realice de forma completamente automática, por ejemplo después de un cambio de temperatura, merece la pena adquirir balanzas con "FACT". En estos modelos, el
 - ajuste se realiza de forma autónoma. Con ello puede usted aumentar el intervalo de tiempo entre comprobaciones rutinarias.

Lectura

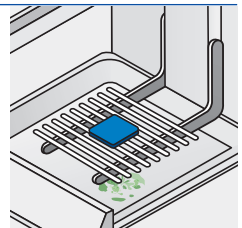
- Asegúrese antes de comenzar la pesada de que la indicación muestra exactamente el punto cero. Dado el caso, ponga usted la balanza a cero para evitar errores de punto cero.
- Lea el resultado cuando desaparezca el pequeño círculo situado en la esquina superior izquierda de la indicación de la balanza. Este control de estabilidad autoriza el resultado de pesada.

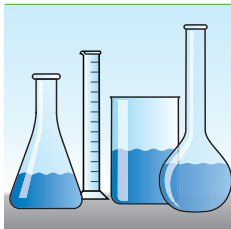
- ! CONSEJO: La línea Excellence Plus ofrece un control de estabilidad aún más perfeccionado. Estas balanzas indican los valores de medida inestables en color **azul**. En el momento en que se alcanza la estabilidad, la indicación cambia de inmediato al color **negro** y desaparece el círculo de la esquina superior izquierda. Así puede usted reconocer un resultado de medida estable de forma más fiable, rápida y segura.



Plato de pesada

- Coloque siempre el objeto a pesar en el centro del plato de pesada. Así evitará los errores por carga descentrada.
- En las microbalanzas y semimicrobalanzas, después de una pausa prolongada (> 30 min.) conviene cargar primero brevemente el plato de pesada para desactivar el llamado efecto de primera pesada.





Recipiente de pesada

- Utilice el recipiente de pesada más pequeño posible.
- Evite recipientes de pesada de plástico cuando la humedad del aire sea inferior al 30-40%. En estas condiciones existe un riesgo elevado de que se generen cargas electrostáticas.

Los materiales no conductores eléctricos como el vidrio y el plástico pueden cargarse electrostáticamente. Esto puede provocar drásticas alteraciones en el resultado de pesada. Por lo tanto, tome las medidas correctoras que correspondan (más información en la página 14: Electroestática).

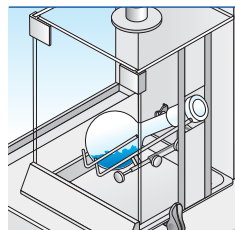
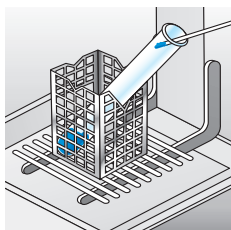
- El recipiente de pesada y el objeto a pesar deberían estar a la misma temperatura que el entorno. Las diferencias de temperatura pueden provocar corrientes de aire que alteran el resultado de la pesada (véase página 7: Temperatura).

Después de sacarlo de un horno de secado o lavavajillas, deje enfriar el recipiente de pesada antes de colocarlo en la balanza.

- Si es posible, no coloque el recipiente de pesada con las manos en la cámara de pesada, para no modificar la temperatura y humedad de la cámara ni del recipiente. Esto tendría una influencia negativa sobre el proceso de pesada.

! CONSEJO: Unos soportes para recipientes de tara diferentes ofrecen unas condiciones previas óptimas para realizar pesadas seguras y sin alteraciones (véanse figuras).

Soporte para recipientes de tara "ErgoClip Basket".



Matraz de fondo redondo sobre soportes para recipientes de tara especiales "ErgoClip Flask" y "MinWeigh Door".

Corta-aires

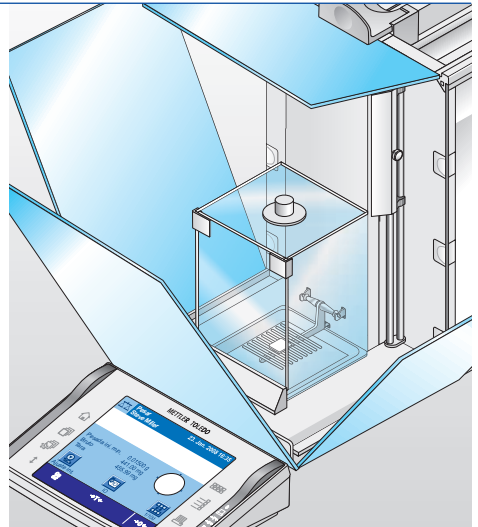
- Abra las puertas del corta-aires sólo en la medida necesaria. De este modo se mantendrán constantes las condiciones climáticas en la cámara de pesada y los resultados no se verán alterados.
- Ajuste las balanzas que posean corta-aires automáticos y configurables, como los instrumentos de la familia Excellence Plus, de modo que la abertura del corta-aires sea la mínima.

CONSEJO: Si desea pesar de forma más sencilla y precisa incluso en las condiciones más difíciles, le recomendamos accesorios específicos para nuestras familias de balanzas Excellence y Excellence Plus. Obtendrá los mejores resultados incluso en pesadas muy pequeñas con tolerancias estrechas y en malas condiciones ambientales. Nuestra puerta de corta-aíres especial "MinWeigh Door", por ejemplo, está concebida a la perfección para su uso en cabinas de pesaje. No obstante, también ofrece ventajas en condiciones de pesada "normales". ¡La repetibilidad de la lectura neta prácticamente se duplica!

La utilización del plato de pesada "SmartGrid" –caracterizado por sus láminas en forma de rejilla– estabiliza la pesada con tal eficacia que en casos normales, la puerta del corta-aíres puede permanecer abierta durante la pesada en balanzas analíticas de 4 cifras.

Mantenimiento de la balanza

- Mantenga la cámara de pesada y el platillo limpios.
- Utilice para pesar exclusivamente recipientes de pesada limpios.
- Para limpiar bastan productos limpiaventanas corrientes.
- Utilice paños sin hilachas para limpiar.
- No intente retirar con un pincel la suciedad de eventuales aberturas.
- Antes de limpiar, retire todas las piezas desmontables, como por ejemplo el plato de pesada.



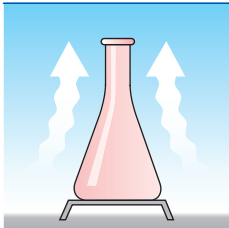
CONSEJO: En las balanzas analíticas Excellence y Excellence Plus se pueden retirar cada uno de los cristales del corta-aíres para limpiarlos en lavavajillas.

Influencias físicas

Si no se estabiliza la indicación del peso, el resultado deriva lentamente en una dirección o sencillamente se indican valores erróneos, las causas son a menudo ciertas influencias físicas. Las causas más habituales son:

- Influencias del objeto a pesar
- Influencias ambientales en el emplazamiento de la balanza
- Absorción o expulsión de humedad del objeto a pesar
- Objetos a pesar o recipientes electrostáticamente cargados
- Objetos a pesar o recipientes magnéticos

En el siguiente capítulo tratamos con más detenimiento estas influencias, explicamos sus causas y describimos las medidas a tomar para solucionar los problemas.



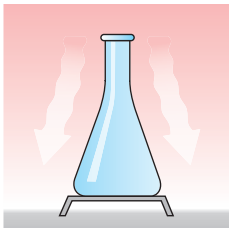
Temperatura

Problema

La indicación del peso de un objeto deriva en una dirección.

Posibles causas

La balanza no lleva suficiente tiempo conectada a la alimentación eléctrica.



Una diferencia térmica entre el objeto a pesar y el entorno provoca corrientes de aire a lo largo del recipiente de pesada. El aire que roza el recipiente genera una fuerza orientada hacia arriba o hacia abajo. El resultado de pesada difiere pues del valor correcto. Este efecto se conoce como fuerza ascensional dinámica. Solo disminuye una vez se ha establecido un equilibrio térmico. Se cumple que: un objeto frío parece más pesado, y uno caliente parece más ligero. Este efecto puede provocar problemas, en especial en pesadas diferenciales con semimicrobalanzas, microbalanzas y ultramicrobalanzas.

Ejemplo

Puede usted comprobar la fuerza ascensional dinámica con el siguiente

experimento: Pese un matraz de Erlenmeyer o recipiente similar y anote el peso. Sostenga el recipiente en la mano durante alrededor de un minuto y repita la pesada. Por su mayor temperatura y la diferencia térmica provocada, el recipiente parecerá más ligero. (El sudor de las manos no desempeña ningún papel en esta prueba. En todo caso, la muestra resultaría más pesada.)

Solución

- No pese muestras sacadas directamente de la secadora o el frigorífico
- Aclimate el objeto a pesar a la temperatura del laboratorio o de la cámara de pesada
- Sostenga el recipiente de la muestra con pinzas
- No introduzca la mano en la cámara de pesada
- Elija recipientes de muestras con la abertura pequeña

Absorción de humedad/evaporación

Problema

La indicación del peso de un objeto deriva permanentemente en una dirección.

Posibles causas

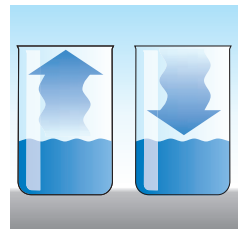
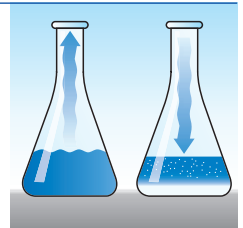
Está usted midiendo la pérdida de peso de sustancias volátiles (p. ej. la evaporación de agua) o el aumento de peso de objetos higroscópicos (absorción de humedad procedente del aire).

Ejemplo

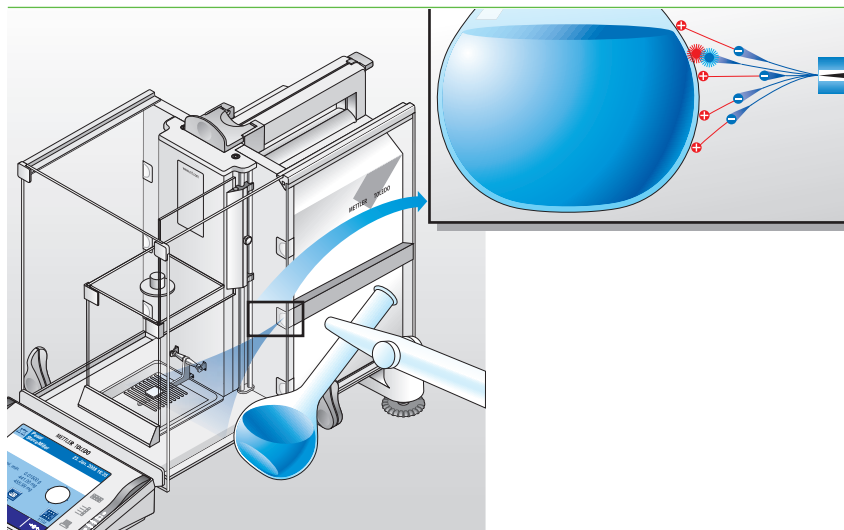
Puede usted observar este efecto con alcohol o gel de sílice.

Solución

Utilice recipientes de pesada limpios y secos y mantenga el plato de la balanza libre de suciedad y de gotas. Utilizar recipientes con la abertura pequeña también ayuda, así como colocar tapas. No utilice corcho ni apoye los matraces de fondo redondo sobre cartones. Estos materiales pueden absorber o expulsar una masa considerable de humedad. Los soportes triangulares metálicos o los correspondientes “ErgoClips” para la familia de balanzas Excellence y Excellence Plus, por el contrario, observan un comportamiento neutro.



Los recipientes de pesada con una abertura más grande aumentan el riesgo de errores de medida por evaporación o condensación.



Electrostática

Problema

La pesada arroja un resultado distinto cada vez. La indicación del peso deriva; difícilmente puede repetirse.

Posibles causas

Su recipiente de pesada o la muestra se han cargado electrostáticamente. Los materiales de conductividad eléctrica reducida, como por ejemplo el vidrio, los plásticos, polvos o granulados, no pueden liberarse de sus cargas electrostáticas, o en todo caso lo hacen muy lentamente (durante horas). La carga se desprende en primer lugar por contacto o rozamiento durante la manipulación o transporte del recipiente o material. El aire seco con una humedad por debajo del 40% aumenta el riesgo de este efecto.

Los errores de pesaje se producen por la fuerza electrostática entre el objeto a pesar y el entorno. Esto puede provocar, sobre todo con balanzas analíticas, microbalanzas y semimicrobalanzas, las divergencias de pesada mencionadas.

Ejemplo

Un vaso de vidrio o recipiente plástico limpio ligeramente frotado con un paño de algodón muestra este efecto con gran claridad.

Solución

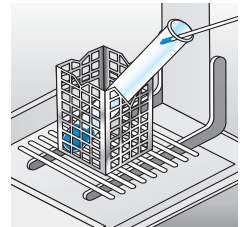
- Aumentar la humedad del aire
Este problema aparece sobre todo en invierno en salas con calefacción. En salas climatizadas puede resultar de ayuda ajustar adecuadamente la climatización (45-60 % de humedad relativa).
- Apantallar las fuerzas electrostáticas
Coloque el recipiente de pesada en un soporte metálico.
- Utilizar otros recipientes de pesada
El plástico y el vidrio se cargan con gran rapidez, por lo que no conviene utilizarlos. El metal es más adecuado.
- Utilizar pistola antiestática
No obstante, los productos disponibles en el mercado no son efectivos en todas las situaciones.
- Utilizar los juegos de protección antiestática externos o internos de METTLER TOLEDO.

Observación: La balanza y con ella el plato de pesada deberían tener siempre toma de tierra. Todas las balanzas METTLER TOLEDO con enchufes de red tripolares están puestos a tierra automáticamente.



CONSEJO: El soporte para recipientes de tara "ErgoClip Basket" deriva óptimamente la carga electrostática, evitando así de forma eficaz los problemas descritos con tubos y probetas.

Soporte para recipientes de tara "ErgoClip Basket".



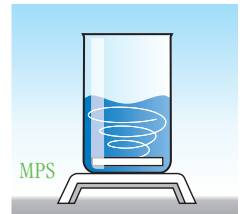
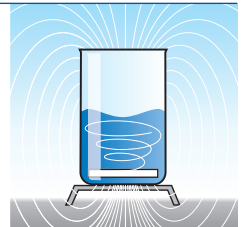
Magnetismo

Problema

Un objeto arroja diferentes resultados de pesada dependiendo de su posición sobre el platillo. El resultado difícilmente puede repetirse. Sin embargo, la indicación permanece estable.

Posibles causas

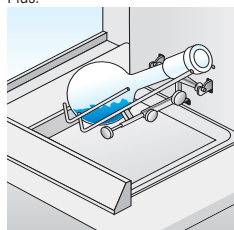
Está usted pesando un material magnético. Los objetos magnetizados y magnéticamente permeables se atraen mutuamente. La fuerza suplementaria que se produce se interpreta equivocadamente como carga. Prácticamente todos los objetos de hierro (acero) presentan una fuerte permeabilidad magnética (ferromagnetismo).



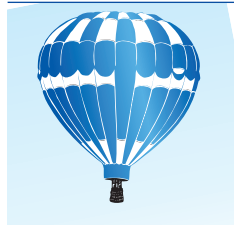
Solución

Cuando sea posible, apantalle las fuerzas magnéticas introduciendo el objeto a pesar, p. ej., en un recipiente de lámina de mumetal. Puesto que la fuerza disminuye según aumenta la distancia, también ayuda alejar el objeto a pesar de la balanza mediante una base no magnética (p. ej., vaso de precipitados, soporte de aluminio). Un dispositivo para pesar debajo de la balanza produce el mismo efecto. Este dispositivo, llamado paso para pesar debajo de la balanza, está integrado de serie en la mayoría de las balanzas analíticas, de precisión, microbalanzas y semimicrobalanzas METTLER TOLEDO. METTLER TOLEDO utiliza preferentemente materiales no magnéticos para descartar este efecto de entrada.

Soporte para recipiente de tara "ErgoClip Flask" para balanzas de la línea Excellence y Excellence Plus.



- ! CONSEJO: Para pesar imanes medianos y grandes con balanzas de precisión, recomendamos utilizar adicionalmente un "plato de pesada MPS" (Magnetic-Protection-System). Para las balanzas analíticas recomendamos utilizar un soporte triangular, que aumenta la distancia entre el imán y el platillo. Para las balanzas de la línea Excellence y Excellence Plus ofrecemos "ErgoClips" especiales.



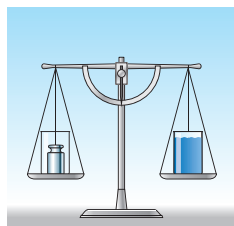
Fuerza ascensional estática

Efecto

Un objeto a pesar no tiene el mismo peso en aire que en el vacío.

Motivo: «El peso de un cuerpo es igual al peso del medio que desplaza» (Principio de Arquímedes). Este principio permite explicar por qué un barco flota, un globo vuela o por qué la indicación del peso de un objeto depende de la presión del aire.

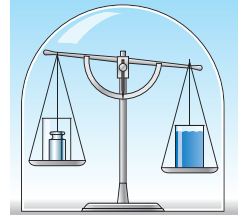
El medio que rodea a nuestros objetos a pesar es aire. La densidad del aire es de aprox. 1.2 kg/m^3 (dependiendo de la temperatura y la presión del aire). La fuerza ascensional del objeto a pesar (cuerpo) es pues de 1.2 kg por metro cúbico de su volumen.



Ejemplo

Colocamos una masa de referencia de 100 g en un vaso de precipitados sobre una balanza de cruz y a continuación llenamos un vaso igual sobre

el otro plato con agua hasta que la balanza de cruz quede equilibrada. De este modo, ambos objetos, pesados en aire, tienen el mismo peso. Si después encerramos la balanza de cruz en una campana de vidrio y creamos el vacío en su interior, la balanza se inclinará por el lado del agua, pues el agua, por su mayor volumen, desplaza más aire y con ello había experimentado una mayor fuerza ascensional. En el vacío, esta fuerza ascensional desaparece. Así pues, en el vacío hay más de 100 g de agua en el lado derecho.



	Peso de referencia Agua	
Peso en aire	100 g	100 g
Densidad	8000 kg/m ³	1000 kg/m ³
Volumen	12.5 cm ³	100 cm ³
Fuerza ascensional	15 mg	120 mg
Peso en vacío	100.015 g	100.120 g

Solución

La sensibilidad de la balanza se calibra con pesos de referencia con una densidad de 8.0 g/cm³. Si se pesan objetos de una densidad que difiera de ese valor, se producirá un error por empuje aerostático. Si se requiere una gran exactitud de medición relativa, recomendamos corregir el peso indicado en correspondencia.

En caso de pesadas realizadas en distintos días, como por ejemplo pesadas diferenciales o comparativas, conviene controlar la presión y la humedad del aire, así como la temperatura, y calcular la corrección del empuje aerostático como sigue:

Procedimiento para determinar la masa de un objeto de pesada:

$$\rho_a = \frac{0.348444 p - h(0.00252 t - 0.020582)}{273.15 + t}$$

1. Calcular la densidad del aire

ρ Densidad del aire en kg/m³

P Presión del aire en hPa (= mbar) (utilizar presión de estación)

h Humedad relativa del aire en %

t Temperatura en °C

2. Determinar la masa del objeto de pesada (corregir el empuje aerostático)

$$m = \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_c}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho}} W$$

m Masa

a Densidad del aire en kg/m^3

ρ Densidad del objeto de pesada

c Densidad convencional del cuerpo (8000 kg/m^3)

W Valor de pesada (indicación de la balanza)

Ejemplo

Indicación de la balanza 200.0000 g

Presión del aire 1018 hPa

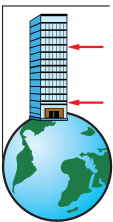
Humedad relativa del aire 70%

Temperatura 20 °C

Densidad del objeto de pesada 2600 kg/m^3

$$\rho_a = \frac{0.348444 \cdot 1018 - 70 (0.00252 \cdot 20 - 0.020582)}{273.15 + 20} = 1.2029 \text{ kg/m}^3$$

$$m = \frac{1 - \frac{1.2029 \text{ kg/m}^3}{8000 \text{ kg/m}^3}}{1 - \frac{1.2029 \text{ kg/m}^3}{2600 \text{ kg/m}^3}} 200 \text{ g} = 200.0625 \text{ g}$$



Gravitación

Efecto

Si cambia la altura, se obtienen valores de pesada distintos. Así por ejemplo, la indicación del peso varía si se realiza la pesada a 10 m más de altura (se cambia del 1.º al 4.º piso de un edificio).

Motivo

Para determinar la masa de un cuerpo, la balanza mide la fuerza de atracción (fuerza gravitatoria) entre la Tierra y el objeto a pesar.

Esta fuerza depende fundamentalmente de la latitud del lugar de emplazamiento y de la altura sobre el nivel del mar (distancia al centro de la Tierra).

Se cumple que:

1. Cuanto más lejos está un peso del centro de la Tierra, tanto menor es la fuerza gravitatoria ejercida sobre él. Disminuye con el cuadrado de la distancia.

$$F_G = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

2. Cuanto más cerca está un lugar del Ecuador, tanto mayor es la aceleración centrífuga que experimenta por la rotación de la Tierra. La aceleración centrífuga ejerce un efecto contrario a la fuerza de atracción (gravitatoria).

Los polos son los puntos más alejados del Ecuador y presentan la distancia más corta hasta el centro de la Tierra. La fuerza ejercida sobre una masa es pues máxima en los polos.

Ejemplo

Para un peso de 200 g que indica exactamente 200.00000 g en el 1er piso, se produce la siguiente variación en el peso en el 4º piso (10 m más alto).

$$200 \text{ g} \frac{r_{\text{Terre}}^2}{(r_{\text{Terre}} + \Delta)^2} = 200 \text{ g} \frac{(6\,370\,000 \text{ m})^2}{(6\,370\,010 \text{ m})^2} = 199.99937 \text{ g}$$

Solución

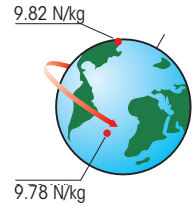
Nivele y calibre su balanza después de cada cambio de emplazamiento antes de utilizarla por primera vez.



CONSEJO: Las balanzas con "FACT" (autoajuste a motor completamente automatizado) incorporado realizan esta regulación de forma automática. Las balanzas METTLER TOLEDO de la serie Excellence y Excellence



Plus tienen "FACT" incorporado de serie.



Términos especializados

Resolución

La resolución de una balanza es la diferencia más pequeña legible en la indicación entre dos valores medidos. En una indicación digital, esta diferencia es el escalón numérico más pequeño, también llamado valor de escala.

Resoluciones típicas (o valores de escala) de diferentes tipos de balanzas

Ultramicrobalanzas	1d ¹⁾ =	0,1 µg = 0.0000001 g	7 decimales
Microbalanzas	1d =	1 µg = 0.000001 g	6 decimales
Semimicrobalanzas	1d =	0.01 mg = 0.00001 g	5 decimales
Balanzas analíticas	1d =	0,1 mg = 0.0001 g	4 decimales
Balanzas de precisión	1d =	1 g a 1 mg = 1 g a 0001 g	0 a 3 dec.

¹⁾ 1d = 1 dígito = un escalón numérico



CONSEJO: Las balanzas "DeltaRange" o "DualRange" poseen dos resoluciones diferentes. Con ello, suponen una alternativa económicamente interesante frente a las balanzas de un solo campo.



Exactitud

Designación cualitativa de la medida de aproximación de resultados de determinación al valor de referencia, que puede ser el real, el correcto o el esperado, según esté establecido o acordado [DIN¹⁾ 55350-13].

O más brevemente: Cuánto se acerca la indicación de una balanza al peso efectivo de un objeto pesado.

Clases de exactitud de los pesos de control

Reunión de diversas pesas en clases de igual exactitud.

La recomendación de la clase de pesos según OIML²⁾ R111 asegura que se cumplan los límites de error de acuerdo con la clasificación de pesos y

¹⁾ DIN Instituto de Normalización Alemán

²⁾ OIML Organización Internacional de Metrología Legal

que la calidad de los materiales y superficies observen esta recomendación internacional. Visite **www.oiml.com**

Las normas de gestión de calidad exigen en relación con la vigilancia de los equipos de ensayo que las balanzas sean calibradas o ajustadas con pesos trazables a intervalos determinados. Para ello deben utilizarse pesos certificados con la clase de exactitud correspondiente.

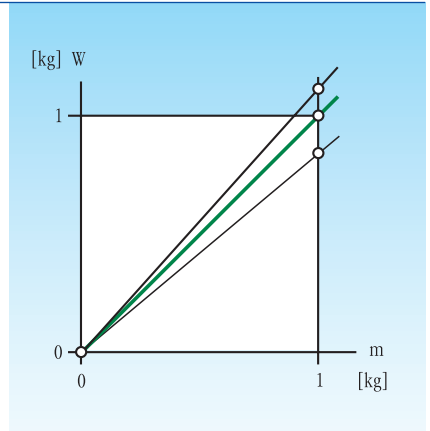
Sensibilidad

Variación de la magnitud de salida de un instrumento de medición dividida por la variación correspondiente de la magnitud de entrada ([VIM] 5.10)¹⁾.

En una balanza, la variación del valor de pesada ΔW dividida por la variación de la carga que la ocasiona Δm .

$$S = \frac{\Delta W}{\Delta m}$$

La sensibilidad es una de las especificaciones más significativas de una balanza. La sensibilidad especificada de una balanza se entiende en general como la sensibilidad global (pendiente), medida a lo largo del alcance nominal.



Sensibilidad entre el valor de pesada W y la carga m , ejemplo con una balanza de 1 kg de alcance nominal. La línea del medio muestra la característica de una balanza con la sensibilidad correcta (pendiente). La línea característica superior es demasiado empinada (demasiada sensibilidad, representada excesiva), la inferior demasiado poco empinada (sensibilidad insuficiente).

Coefficiente térmico de la sensibilidad

La sensibilidad depende de la temperatura. El grado de dependencia se determina por medio de la variación reversible del valor medido bajo la influencia de una variación térmica en el entorno. Se indica con el coeficiente térmico de la sensibilidad (CT) y equivale a la variación porcentual de la indicación del peso (o de la pesada) por grado centígrado. El coeficiente térmico de la sensibilidad es por ejemplo en una balanza XP del 0.0001 %/°C. Esto significa que con una variación térmica de 1 grado centígrado, la sensibilidad varía en un 0.0001 % o una millonésima parte.

¹⁾ VIM Vocabulario Internacional de términos básicos y generales en Metrología

El coeficiente térmico puede calcularse como sigue:

$$TC = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{\frac{\Delta R}{m}}{\Delta T} = \frac{\Delta R}{m \Delta T}$$

Siendo ΔS la variación de la sensibilidad y ΔT la variación térmica. La variación de la sensibilidad ΔS es igual a la variación del resultado ΔR dividida por la carga de pesada m , o después de tarar por el peso inicial. Con estos datos se puede calcular por conversión la desviación del resultado de la medición con una variación determinada de la temperatura: Como valor de indicación se obtiene entonces

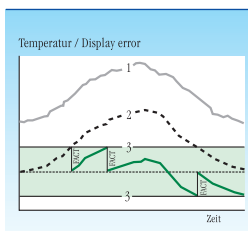
$$\Delta R = (TC \Delta T) m$$

Si pesa usted una carga (peso inicial) de 100 g en una balanza analítica XP/XS y la temperatura ambiente del laboratorio ha variado desde la última calibración en 5 °C, el error en el resultado de pesada ΔR (con el coeficiente térmico de la XP de 0.0001 %/°C) puede llegar a ser en el peor de los casos:

Si la carga fuese por el contrario de solo 100 mg, es decir, 1000 veces menor,

$$\Delta R = (TC \Delta T) m = (0.0001 \text{ \%/}^\circ\text{C} \cdot 5 \text{ }^\circ\text{C}) 100 \text{ g} = 0.5 \text{ mg}$$

entonces la desviación máxima sería también correspondientemente menor. Sería entonces de solamente 0.5 µg.



FACT

Abreviatura de “Fully Automatic Calibration Technology” (“FACT”). Ajuste automático de la sensibilidad según el tipo de balanza, también de la linealidad de una balanza. El ajuste se activa cuando se sobrepasa una variación térmica predeterminada.

En la producción se establecen unos pesos internos vinculados de forma trazable a estándares de masa internacionales por medio de una «calibración primaria». En este proceso se determina la masa del peso interno depositando un peso certificado y almacenándolo como valor en la balanza.

proFACT

Abreviatura de “Professional Fully Automatic Calibration Technology” (“proFACT”). Ajuste automático profesional de la sensibilidad.

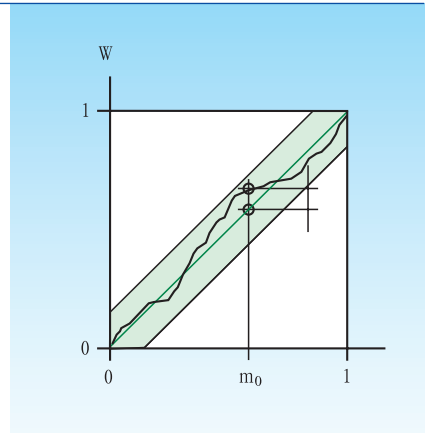


CONSEJO: La familia de balanzas analíticas y semimicrobalanzas Excellence y Excellence Plus cuenta con dos pesos internos. Eso significa que al ajustar no solo se comprueba la sensibilidad, sino también la no linealidad.

Linealidad (no linealidad)

Propiedad de una balanza de seguir la relación lineal entre la carga depositada m y el valor de medida indicado W (sensibilidad). Se traza para ello una línea característica recta de la pesada entre cero y la carga máxima (véase: Sensibilidad).

Por otra parte, la no linealidad define la anchura de la banda, dentro de la cual puede producirse una desviación positiva o negativa del valor medido a partir de la línea característica ideal.



La desviación a partir del curso de la línea característica es por ejemplo en la balanza analítica XP205DR Excellence Plus de METTLER TOLEDO de ± 0.15 mg como máximo a lo largo de todo el alcance de pesada de 200 g.

Repetibilidad

Propiedad de una balanza de mostrar resultados de medida coincidentes en caso de pesadas repetidas del mismo objeto, del mismo modo, en condiciones idénticas ([OIML¹⁾ R 76 1] T.4.3).

La serie de mediciones debe ser realizada por el mismo operario, siguiendo el mismo procedimiento, en la misma posición sobre el soporte de la carga, en el mismo emplazamiento, en condiciones ambientales constantes y sin interrupción.

¹⁾ OIML Organización Internacional de Metrología Legal

La desviación típica de la serie de mediciones es una medida apropiada para indicar el valor de la repetibilidad.

En especial con balanzas de alta resolución, la medida de la repetibilidad no es solo una propiedad de la balanza. La repetibilidad depende también las condiciones ambientales (corriente de aire, oscilaciones térmicas, vibraciones), del objeto a pesar y en parte de la experiencia de la persona que realiza las pesadas.

El siguiente ejemplo muestra una serie de mediciones típica, realizada en una semimicrobalanza con una resolución de 0.01 mg.

$x_1 = 27.51467 \text{ g}$	$x_6 = 27.51467 \text{ g}$
$x_2 = 27.51466 \text{ g}$	$x_7 = 27.51467 \text{ g}$
$x_3 = 27.51468 \text{ g}$	$x_8 = 27.51466 \text{ g}$
$x_4 = 27.51466 \text{ g}$	$x_9 = 27.51468 \text{ g}$
$x_5 = 27.51465 \text{ g}$	$x_{10} = 27.51467 \text{ g}$

Queremos determinar el promedio y la repetibilidad de esta serie de mediciones.

Promedio:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i = resultado n° i de la serie de mediciones

N: Cantidad de mediciones (pesadas), habitualmente 10

El promedio es de $x = 27.514667 \text{ g}$.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Como medida de la repetibilidad se utiliza la desviación típica s . La repetibilidad de la serie de mediciones es pues de $s = 0.0095 \text{ mg}$.

La incertidumbre del resultado de medición está entre el doble y el triple de la repetibilidad de $\approx 2s \dots 3s$, es decir, el resultado real x está dentro del intervalo $x - u < x < x + u$.

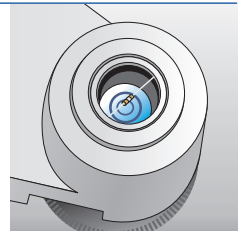
En nuestra serie de mediciones, $u \approx 2 s \approx 2 \times 0.01 \text{ mg} = 0.02 \text{ mg}$, así que podemos indicar el resultado de la pesada con $\pm u = 27.51467 \text{ g} \pm 0.02 \text{ mg}$. Es decir, con la balanza utilizada en dicha serie de mediciones, el valor de medida mínimo esperable para esta carga es de 27.51465 g, y el máximo de 27.51469 g, lo cual encaja bien con la serie de mediciones.

Trazabilidad

La propiedad de un resultado de medición, a través de una cadena ininterrumpida de mediciones comparativas con incertidumbres de medida indicadas, de remitir a un patrón nacional o internacional ([VIM]¹⁾ 6.10). Las pesas patrón utilizadas para determinar las masas remiten siempre a los patrones de orden superior.

Nivelación

Colocación de una balanza en su posición de referencia (por lo general horizontalmente), es decir, orientar su eje de acción paralelo a la vertical. Por regla general, esto equivale a posicionar la caja de la balanza en posición horizontal. El resultado presentará un error equivalente al coseno del ángulo de inclinación. Solución: Todas las balanzas ofrecen la posibilidad de ser niveladas mediante sus pies ajustables.

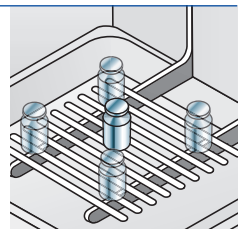


! CONSEJO: La balanza Excellence Plus posee "LevelControl", un dispositivo completamente automático para vigilar su nivelación. El dispositivo avisa y documenta de inmediato cuando la balanza se encuentra fuera de nivelación. De este modo se aumenta la seguridad de medición y se evitan errores por el arriesgado control visual, p. ej., en una cabina de pesaje.

Carga excéntrica

1. Desviación del valor medido por carga descentrada (excéntrica). La carga excéntrica aumenta con el peso de la carga y con su distancia hasta el centro del soporte de la carga.

Si la indicación permanece constante incluso después de colocar la misma carga en diferentes puntos del platillo, significa que la balanza no presenta desviación por carga excéntrica. Preste atención, especialmente con las balanzas de alta resolución, para situar el objeto a pesar justo en el centro.



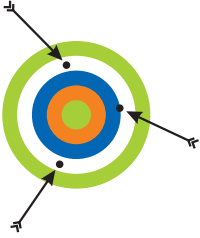
La designación oficial de la carga excéntrica es: "Desviación en caso de carga descentrada".

¹⁾ VIM Vocabulario Internacional de términos básicos y generales en Metrología

Reproducibilidad

Medida de la aproximación entre dos valores medidos de la misma magnitud, donde las distintas mediciones se realizan bajo condiciones diferentes (las cuales deben indicarse), en relación con

- el procedimiento de medición
- el observador
- el dispositivo de medición
- el lugar de medición
- las condiciones de aplicación
- el momento



Corrección

Término cualitativo como valoración de la desviación sistemática de las mediciones. Medida de la coincidencia entre el valor esperado (promedio) de una serie de valores medidos y el valor real del objeto medido ([ISO¹⁾ 5725] 3.7).

Observación

La corrección solo puede valorarse cuando se dispone de varios valores medidos, así como de un valor de referencia correcto y acreditado.



Precisión

Término cualitativo como valoración de la dispersión de las mediciones.

Medida de la coincidencia de valores medidos independientes bajo condiciones establecidas ([ISO¹⁾ 5725] 3.12).

La precisión depende solo de la distribución de las desviaciones casuales, no del valor real de la magnitud medida (corrección).

Ejemplo

Propiedad de un instrumento de medición para ofrecer valores medidos poco dispersos.

¹⁾ ISO Organización Normativa Internacional

Observación

La precisión solo puede valorarse si se cuenta con varios valores medidos.

Incertidumbre de medida

Un parámetro atribuido al resultado de medición que caracteriza la dispersión de los valores que pueden asignarse razonablemente a la magnitud medida ([VIM]¹ 3.9).

Este parámetro, es decir, la incertidumbre de medida, se expresa por lo general mediante la incertidumbre típica u o con la incertidumbre de medida ampliada U (intervalo de confianza). La GUM² incluye unas instrucciones para determinar la incertidumbre de medida. La incertidumbre de medida se obtiene según la GUM sumando los cuadrados de las magnitudes de error cuando estas no se influyan entre sí.

Nota

La incertidumbre de medida puede calcularse de diversas maneras. En el sector farmacéutico se establece a menudo el contenido de referencia de acuerdo con la farmacopea de los Estados Unidos, por lo demás, se encuentra también frecuentemente la incertidumbre de medida de acuerdo con ISO³ 17025. Esta última coincide con la de la GUM



CONSEJO: El Servicio Técnico METTLER TOLEDO ofrece en la mayoría de países a petición del cliente las llamadas determinaciones de la incertidumbre de medida in situ.

Peso inicial mínimo

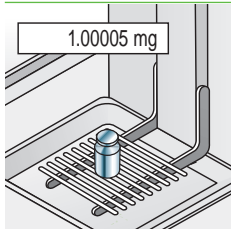
El peso inicial mínimo indica que en caso de no alcanzarse esta medida, en el resultado de la medición habrá como consecuencia unas desviaciones relativas demasiado grandes.



CONSEJO: Las balanzas de la línea Excellence Plus de METTLER TOLEDO disponen de la mejor tecnología de pesaje, que permite alcanzar los pesos iniciales mínimos más reducidos.

¹ VIM Vocabulario Internacional de términos básicos y generales en Metrología

² GUM Guía de Incertidumbre de Medida ³ ISO Organización Normativa Internacional

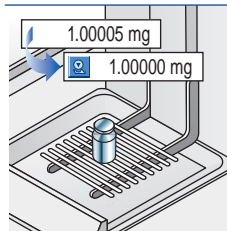


Calibración

Determinación de la desviación entre el valor medido y el valor real de la magnitud medida en unas condiciones de medición predeterminadas.



CONSEJO: Las balanzas Excellence y Excellence Plus de METTLER TOLEDO documentan cada una de las desviaciones en la pantalla, o las envían al exterior a un software o impresora.



Ajuste

Determinación de la desviación entre el valor medido y el valor real de la magnitud medida en unas condiciones de medición predeterminadas. A continuación debe realizarse una corrección.



CONSEJO: Las balanzas Excellence y Excellence Plus de METTLER TOLEDO documentan cada una de las desviaciones en la pantalla, o las envían al exterior a un software o impresora. Recomendamos el software "LabX balance" con vigilancia integrada de los equipos de ensayo de acuerdo con las GWP® - Good Weighing Practice™ de METTLER TOLEDO (www.mt.com/GWP).

GWP® – Good Weighing Practice™

El sistema planetario GWP®

METTLER TOLEDO le ofrece con GWP® - Good Weighing Practice™ la solución perfecta. Si se decide usted por GWP®, tendrá a un equipo de expertos a su disposición en todas las fases importantes –en la evaluación y selección de la mejor solución de pesaje posible, en la puesta en servicio y en la calibración, así como durante la rutina del día a día.



Con GWP®, METTLER TOLEDO ofrece por primera vez una directriz de validez mundial para sistemas de pesaje. De acuerdo con esta directriz, GWP® inicia un paquete de medidas cortado a la medida exacta de sus tareas específicas. Cortado a la medida exacta significa para nosotros: la solución para pesaje más rentable y a la vez más segura. ¿No detectar una desviación o hacerlo demasiado tarde? Probablemente es algo que usted no puede permitirse. GWP® - Good Weighing Practice™ significa “Pesar sin riesgos”, pues se trata de la calidad y seguridad de sus productos.

El triángulo GWP®

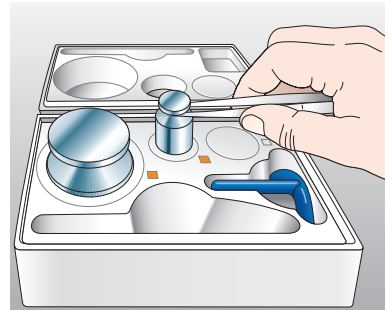
- Funcionamiento rutinario
- ¿Cómo se debe controlar mi balanza?
- ¿Con qué frecuencia deben realizarse los controles?
- ¿Cómo se pueden reducir los gastos?

Para asegurar una exactitud de pesada constante a lo largo de los años, se recomienda que un experto del Servicio Técnico autorizado realice periódicamente el mantenimiento de la balanza de laboratorio. Al mismo tiempo, con esta medida prolongará usted la vida útil de su balanza.



Entre los intervalos de mantenimiento debe realizarse un adecuado control propio de la balanza con pesos externos certificados para detectar de inmediato eventuales desviaciones en las mediciones.

- ❗ **CONSEJO:** Para estos ensayos rutinarios deben utilizarse pesos de control apropiados. Con los juegos de pesas "CarePac", METTLER TOLEDO ofrece al usuario unos ensayos sin preocupaciones. Estos juegos de pesas confeccionados a la medida de la directriz GWP® contienen los pesos correctos para cada tipo de balanzas, además de tolerancias de ensayo, pinzas, guantes e instrucciones de ensayo.



Con los juegos de pesas "CarePac" estará usted siempre seguro.

Puede usted acceder a información más detallada del tema GWP® en www.mt.com/GWP.

A

Absorción de humedad/evaporación	13
Aire	7
Ajuste	9,28

C

Calibración	28
Carga excéntrica	25
Clases de exactitud de los pesos de control	20
Coefficiente térmico de la sensibilidad	21
Conexión	8
Corrección	26
Corta-aíres	10

E

Electrostática	14
Evaporación	13
Exactitud	20

F

FACT	22
Fuerza ascensional estática	16

G

Gravitación	18
GWP® (Good Weighing Practice™)	30

H

Humedad del aire	27
------------------	----

L

Lectura	9
Linealidad (no linealidad)	23
Luz	7

M

Magnetismo	15
Mantenimiento de la balanza	11
Mesa de pesada	6

N

Nivelación	8, 25
------------	-------

P

Peso inicial mínimo	27
Plato de pesada	9
Precisión	26
proFACT	23

R

Recipiente de pesada	10
Repetibilidad	23
Reproducibilidad	26
Resolución	20

S

Sala de trabajo	6
Sensibilidad	21

T

Temperatura	7, 12
Trazabilidad	25

Mettler-Toledo AG,
Laboratory & Weighing Technologies
CH-8606 Greifensee, Switzerland
Phone +41-44-944 22 11, Fax +41-44-944 30 60
Internet: <http://www.mt.com>

AT Mettler-Toledo GmbH., A-1230 Wien
AU Mettler-Toledo Ltd., Port Melbourne, Victoria 3207
BE N.V. Mettler-Toledo S.A., B-1932 Zaventem
BR Mettler-Toledo Ltda., 06455-000 Barueri/São Paulo
CA Mettler-Toledo Inc., Ontario, Canadá
CH Mettler-Toledo (Schweiz) GmbH, CH-8606 Greifensee
CN Mettler-Toledo (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200233
CZ Mettler-Toledo, s.r.o., CZ-10000 Prague 10
DE Mettler-Toledo GmbH, D-35396 Giessen
DK Mettler-Toledo A/S, DK-2600 Glostrup
ES Mettler-Toledo S.A.E., E-08908 Barcelona
FR Mettler-Toledo S.A., F-78222 Viroflay
HK Mettler-Toledo (HK) Ltd., Kowloon
HR Mettler-Toledo, d.o.o., HR-10000 Zagreb
HU Mettler-Toledo, Kft, H-1139 Budapest
IN Mettler-Toledo India Pvt Ltd, Mumbai 400 072
IT Mettler-Toledo S.p.A., I-20026 Novate Milanese
JP Mettler-Toledo K.K., Tokio 143
KR Mettler-Toledo (Korea) Ltd., Seoul 137-130
KZ Mettler-Toledo Central Asia, 480009 Almaty
MX Mettler-Toledo S.A. de C.V., México C.P.06430
MY Mettler-Toledo (M) Sdn. Bhd., 40150 Selangor
MY Mettler-Toledo (S.E.A.), 40150 Selangor
NL Mettler-Toledo B.V., NL-4004 JK Tiel
NO Mettler-Toledo A/S, N-1008 Oslo

- PL Mettler-Toledo, Sp. z o.o.**, PL-02-822 Warszawa
- RU Mettler-Toledo Vostok ZAO**, 101000 Moscow
- SE Mettler-Toledo AB**, S-12030 Stockholm
- SG Mettler-Toledo (S) Pte. Ltd.**, Singapore 139959
- SI Mettler-Toledo, d.o.o.**, SI-1236 Trzin
- SK Mettler-Toledo**, SK-83103 Bratislava
- TH Mettler-Toledo (Thailand) Ltd.**, Bangkok 10320
- TW Mettler-Toledo Pac Rim AG**, Taipei, 114
- UK Mettler-Toledo Ltd.**, Leicester, LE4 1AW
- US Mettler-Toledo, Inc.**, Columbus, OH 43240

Para los demás países:

Mettler-Toledo AG

PO Box VI-400, CH-8606 Greifensee, Switzerland
Phone +41-44-944 22 11, Fax +41-44-944 31 70