

CENAM MTMX
Júrica, Querétaro
Octubre 2018
Jesús Vázquez



Calibración de IPFA

Instrumentos Comprobadores de Peso operando en Régimen Dinámico (Check Weighers) Método de Comparación con un Instrumento de Control Integrado

METTLER TOLEDO

- 1 Objetivo
- 2 Marco de Referencia
- 3 Antecedentes
- 4 Requisitos Metrológicos
- 5 Clasificación IPFA
- 6 Errores Máximos Permitidos
- 7 Pruebas calibración IPFA

Al finalizar la sesión el participante podrá:

- ✓ Conocer la utilidad de la metrología de masa en la calibración de IPFA Instrumentos para Pesar de Funcionamiento Automático y su impacto en las actividades industriales, sociales, comerciales, etc.
- ✓ Conocer los conceptos básicos de las mediciones en la calibración de IPFA incluyendo la terminología aceptada en los ámbitos nacional e internacional
- ✓ Proporcionar servicios de calibración como Laboratorio de Calibración Acreditado en la magnitud masa a Instrumentos para Pesar de Funcionamiento Automático
- ✓ Satisfacer las necesidades de los clientes que solicitan este tipo de servicio

Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 1992, última modificación 2014-07-14

OIML D-1 Elements for a law on metrology, 2004.

OIML R 50-1 Continuous totalizing automatic weighing instruments (belt-weighers). Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.

OIML R 50-2 Continuous totalizing automatic weighing instruments (bandas transportadoras). Part 2: Test report format.

OIML R 51-1 Automatic catchweighing instruments. Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.

OIML R 51-2 Automatic catchweighing instruments. Part 2: Test report format.

OIML R 61-1 Automatic gravimetric filling instruments. Part 1 : Metrological and technical requirements – Tests.

OIML R 61-2 Automatic gravimetric filling instruments. Part 2: Test report format.

OIML R 106-1 Automatic rail-weighbridges. Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.

OIML R 106-2 Automatic rail-weighbridges. Part 2: Test report format.

OIML R 107-1 / 2007 Discontinuous totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers). Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.

OIML R 107-2/ 2007 Discontinuous totalizing automatic weighing instruments (totalizing hopper weighers). Part 2: Test report format.

OIML R 134-1 / 2006 Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads. Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.

OIML R 134-2/ 2009 Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads. Part 2: Test report format.

OIML D 11 General requirements for electronic measuring instruments, 2004.

OIML R 76-1/ 2006 Non-automatic weighing instruments. Part 1: Metrological and technical requirements – Tests.

En muchos países miembros de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) los IPFA se someten a evaluación de la conformidad con las normas nacionales aplicables. Las operaciones de medición que se realizan con estos instrumentos están muy relacionadas con el comercio y la protección al consumidor.

Sin embargo, la evaluación de la conformidad en México aun no abarca a los IPFA, por una parte, porque no se han elaborado las Normas Oficiales Mexicanas ni Normas Mexicanas necesarias por otra, porque no existen unidades de verificación acreditadas para estas instrumentos, actualmente hay algunos laboratorios de calibración acreditados para calibración de algunos de estos instrumentos.

La ausencia de normas nacionales no ha sido impedimento para los fabricantes, importadores, distribuidores y prestadores de servicios de calibración con acreditación ante el INMETRO para proporcionar este tipo de servicio.

Accreditación para calibración de IPFNA

Para la acreditación para calibración de Instrumentos para Pesar de Funcionamiento Automático (IPFA) de Instrumentos Comprobadores de Peso operando en Régimen Dinámico (Check Weighers) por el método de Comparación con un Instrumento de Control Integrado

Se utilizaron las siguientes normas:

1. OIML R51-1: 2006, requisitos metrológicos y técnicos-pruebas
1. Guía G-ENAC-13, revisión 2, calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento automático (Seleccionadora ponderal) (borrador del SCTC-4).

Los instrumentos para pesar, de acuerdo a su método de operación, se dividen en:

- Instrumentos para Pesar de Funcionamiento no Automáticos (IPFNA)
- Instrumentos para Pesar de Funcionamiento Automático (IPFA)
 - Los IPFNA operan en régimen estático
 - Los IPFA operan en régimen dinámico
 - Estos últimos pueden operar también en régimen estático

Instrumentos para Pesar de Funcionamiento Automático

Los IPFA son aquellos que no requieren la intervención del operador para colocar o retirar la carga del receptor o para obtener el equilibrio y que además, determinan la masa de un producto siguiendo un programa predeterminado de procesos automáticos característicos.

Existen 6 tipos de IPFA que se denominan y funcionan como se describe en la Tabla 1.

Los términos, definiciones y las características metrológicas específicas para cada tipo de IPFA se pueden consultar en la Parte 1 de cada una de las Recomendaciones de la OIML aplicables, las cuales se indican también en la Tabla 1.

Las condiciones de uso para cada instrumento son especificadas por los fabricantes. También especifican los tipos y las características de los productos que se pueden pesar y los intervalos de valores de las magnitudes de influencia para los cuales se debe esperar que los valores de las propiedades metrológicas sean menores que o iguales a los EMP

Instrumentos para Pesar de Funcionamiento Automático

Los EMP para cada tipo de instrumento se pueden consultar también en las Recomendaciones de la OIML aplicables.

Las magnitudes de influencia más importantes son: la temperatura, la humedad relativa, el voltaje de alimentación y la frecuencia. Las propiedades metrológicas más importantes son la exactitud con y sin carga, la repetibilidad, la excentricidad y la discriminación.

Los IPFA se someten a pruebas de desempeño y durabilidad. Las pruebas permiten evaluar la conformidad de sus propiedades metrológicas y su estabilidad en el tiempo con los requisitos metrológicos especificados en las recomendaciones de la OIML aplicables.

Las pruebas deben incluir la evaluación del desempeño metrológico para todo el intervalo de valores de los factores de influencia.

Las pruebas pueden realizarse por simulación en una instalación de prueba o empleando el producto que se pesa con el instrumento instalado.

Tabla 1

IPFA	Opera	Recomendaciones de la OIML	
De totalización continua (banda transportadora)	Pesando un producto a granel transportado por una banda, sin dividir el producto ni interrumpir el movimiento de la banda	R 50-1/ 1997. Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos – Pruebas	R 50-2/ 1997. Parte 2: Formato de los registros de las pruebas
Controladoras	Pesando cargas discretas de manera continua y tomando o no decisiones para aceptar o rechazar las cargas de acuerdo con ciertas especificaciones previamente configuradas.	R 51-1/ 2006 Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos – Pruebas	R 51-2/ 2006 Parte 2: Formato de los registros de las pruebas
De llenado gravimétrico	Llenando contenedores de masa constante, que se compone de dispositivos de llenado automático asociados a una o varias unidades pesadoras y un dispositivo de control de descarga apropiado.	R 61-1/ 2004 Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos – Pruebas[7]	R 61-2/ 2004 Parte 2: Formato de los registros de las pruebas
De trenes en movimiento	Determinando y sumando la masa de la carga de cada eje mientras el tren pasa sobre el receptor de carga del instrumento.	R 106-1 / 1997 Parte 1: Requisitos técnicos y metrológicos – Pruebas,	R 106-2/ 1997 Parte 2: Formato de los registros de las pruebas
De totalización discontinua (tolvas)	Pesando un producto a granel en cargas discretas, determinando y sumando la masa de cada carga discreta y entregando el producto a granel.	R 107-1 / 2007 Parte 1: Requisitos técnicos y metrológicos – Pruebas	R 107-2/ 2007 Parte 2: Formato de los registros de las pruebas
De vehículos en movimiento	Determinando y sumando la masa de la carga de cada eje mientras el vehículo pasa sobre el receptor de carga del instrumento.	R 134-1 / 2006 Parte 1: Requisitos técnicos y metrológicos – Pruebas	R 134-2/ 2009 Parte 2: Formato de los registros de las pruebas

Tabla 2

IPFA	Clases de exactitud	
	Categorías	Clases
De totalización continua (banda transportadora)	-	0.5, 1, 2,
Controladoras	X	X(I), X(II), X(III), X(III)
	Y	Y(I), Y(II), Y(a), Y(b)
De llenado gravimétrico	X	X(0.2), X(0.5), X(1), X(2)
De trenes en movimiento	-	0.2, 0.5, 1, 2,
De totalización discontinua (tolvas)	-	0.2, 0.5, 1, 2
De vehículos en movimiento	Masa del vehículo	0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10
	Ejes	A,B,C,D,E,F

Para las pruebas con producto se debe usar un instrumento de control, que puede estar integrado al o separado del instrumento que se prueba. El instrumento de control permite determinar la masa de las cargas entregadas por el instrumento que se prueba, valor que se toma como referencia para la determinación de los errores.

La mayoría de los instrumentos automáticos usados en la actualidad son electrónicos, por lo que deben cumplir los requisitos especificados en el D11 OIML

Requisitos metrológicos

Las recomendaciones de la OIML especifican los requisitos metrológicos que se refieren fundamentalmente a:

1. Las clases de exactitud
2. Los errores máximos permitidos
 - para la operación automática,
 - para la operación no automática y
 - para los factores de influencia
3. Las diferencias permitidas entre los valores indicados e impresos
4. Las propiedades metrológicas para las pruebas de simulación
5. Las propiedades metrológicas para las pruebas con producto

Clases de exactitud

En la Tabla 2 se muestra la identificación de las clases de exactitud de cada tipo de instrumento.

Los instrumentos comprobadores de peso (basculas verificadoras) y de llenado gravimétrico (basculas llenadoras) se dividen en categorías.

Para los instrumentos para pesar vehículos en movimiento las clases son diferentes cuando pesan el vehículo completo o cuando pesan por ejes.

Para los demás instrumentos las clases se identifican con el valor del EMP para el instrumento en uso

Operación No Automática

Los instrumentos automáticos pueden ser evaluados en régimen estático, colocando patrones de masa sobre el receptor de carga.

En la Tabla 5 se muestran los EMP de la operación No Automática para el caso de los instrumentos comprobadores de peso Ver Figura.

La tabla es válida para cargas de prueba \geq Min y \leq Max



Operación No Automática

Salvo el valor del EMP en el tercer escalón, la Tabla 5 es similar a la Tabla de los EMP especificados en la OIML R76 Parte 1 para los IPFNA.

De lo anterior se deduce que en muy buena aproximación, IPFA debe comportarse como si fuera un IPFNA y cumplir la OIML R76 cuando opera en régimen estático,

Con la salvedad mencionada en el párrafo anterior.

EMP (Errores Máximos Permitidos) para la Operación No Automática

Tabla 5

Carga neta, m, expresada en divisiones de verificación, e				Error medio máximo tolerado para la categoría de instrumentos X y Y	
XI y Y(I)	XII y Y(II)	XIII y Y(a)	XIII y Y(b)	Verificación inicial	Inspección en uso
$0 < m \leq 50\,000$	$0 < m \leq 5\,000$	$0 < m \leq 500$	$0 < m \leq 50$	$\pm 0.5 e$	$\pm 1 e$
$50\,000 < m \leq 200\,000$	$5\,000 < m \leq 20\,000$	$500 < m \leq 2\,000$	$50 < m \leq 200$	$\pm 1 e$	$\pm 2 e$
$200\,000 < m$	$20\,000 < m \leq 100\,000$	$2\,000 < m \leq 10\,000$	$200 < m \leq 1\,000$	$\pm 2 e$	$\pm 3 e$

Que es un Checkweigher?

Es un instrumento industrial de medición que realiza las siguientes funciones:

1. Pesa el 100% de los productos al tiempo que estos son transportados sobre la línea de producción y/o empaque*.
2. Clasifica los productos en zonas de peso predeterminadas.
3. Rechaza y/o agrupa los productos según su clasificación.

* Única función necesaria



Un Checkweigher típico esta compuesto por:

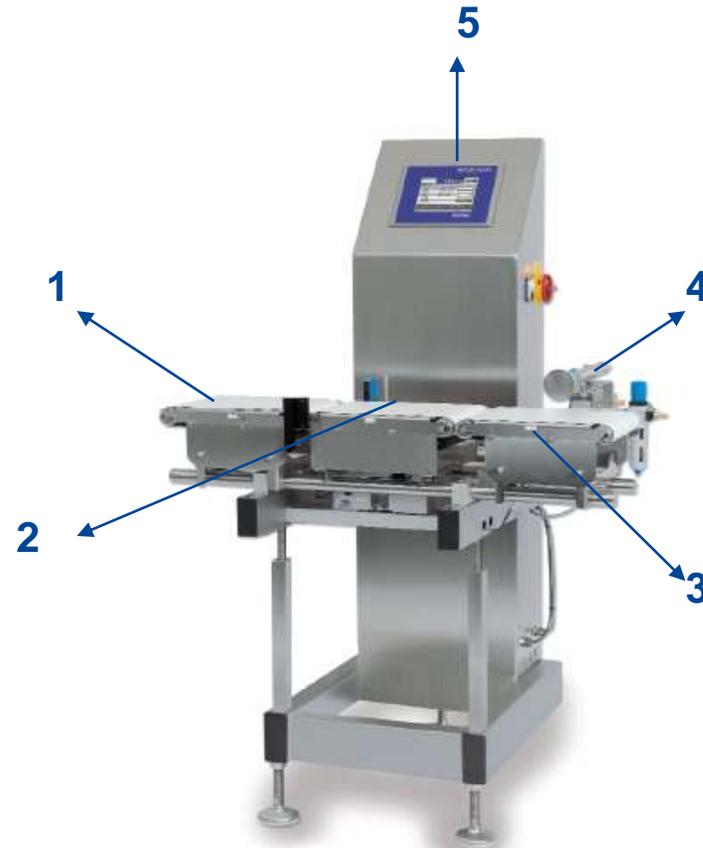
1. Banda de Entrada

2. Banda de Pesaje

3. Banda de Salida/Rechazo

4. Rechazador

5. Controlador/Interfase



¿Por que es importante un Checkweigher?

- ❖ Inspecciona automáticamente los productos en una línea de empaque y/o producción.
- ❖ Su valor principal es garantizar la inspección del **100%** de la producción.
- ❖ Protege a los consumidores contra faltante o exceso de producto.
- ❖ Ayuda a los productores a controlar costos reduciendo exceso de producto.
- ❖ Asegura la conformidad con agencias gubernamentales reguladoras y cumplimiento de exigencias por parte de clientes.
- ❖ Controla, evalúa y mejora el rendimiento de sistemas de producción y/o empaque
Ej. procesos Peso, Tara/Peso, Neto.
- ❖ Reduce costos de producción asociados con ineficiencias del proceso.
Ej. llenadoras
- ❖ Verifica faltante de componentes como botellas, cajas, instructivos, tapas, etc.
- ❖ Mide, evalúa y reporta la eficiencia de la línea a través de distintos parámetros

Por que es importante un Checkweigher?

Ejemplos:

1. Un Cliente produce 100 PPM o 6 000 PPH.
Control de Calidad muestrea 15 PPH (0.25%)
Como garantizar que el 99.75% restante esta dentro de los limites de tolerancia?



2. Como generar reportes para analizar producción?



3. Como elimino quejas por falta de componentes?



Que tipo de productos pueden ser comprobados?

Los Comprobadores de peso son utilizados para pesar gran variedad de productos con un intervalo de peso que va desde miligramos hasta kilogramos. Los sistemas son utilizado para comprobar producto con y sin empaque.

Algunas aplicaciones típicas son:

- 1) Medicamentos para comprobar faltante de producto.
- 2) Clasificación de producto como carne o pollo por categorías.
- 3) Comprobación de conteo por peso para botellas, cajas o bolsas.
- 4) Comprobación de volumen o densidad para productos líquidos.
- 5) Pesaje aleatorio de diversos productos.

Checkweighers son generalmente ubicados:

1. Antes del proceso de empaque para garantizar eficiencia en el empaque.
2. Después de maquinas llenadoras para controla el llenado con sistemas de retroalimentación (feedback).
3. Después de encartonadoras y embolsadoras para garantizar presencia de componentes.
4. Al final de la línea para comprobar conteo antes del envío a distribuidores.

Pesaje Estático vs. Pesaje Dinámico.

Una balanza realiza pesaje estático. Se ubica el producto sobre la balanza, espera a que el instrumento se estabilice (unos pocos segundos) y toma la lectura.

Un checkweigher realiza pesaje dinámico. A medida que el producto se mueve sobre la banda transportadora el equipo toma múltiples lecturas del peso y por medio de un algoritmo crea una valor representativo del peso del producto.

El checkweigher esta diseñado para compensar los efectos dinámicos del movimiento del producto, y filtrar el ruido electromecánico del ambiente industrial.

Principales diferencias

Pesaje Estático

- Inspección por muestreo
- Procesos Manuales
- Error humano
- Mayor Exactitud

vs

vs

vs

vs

vs

Pesaje Dinámico

100% de producción.

Automatizados.

Sin intervención.

Error sistemático.



¿Como funciona un Checkweigher?

- ❖ El cliente transporta el producto hasta la banda de entrada del sistema.
- ❖ La banda de entrada del sistema puede espaciar y temporizar los productos si es necesario.
- ❖ El producto es detectado por la foto celda de la banda de pesaje. Esta foto celda controla el inicio del ciclo de pesaje.
- ❖ La celda de carga realiza múltiples lecturas del peso del producto y estos datos son transformados en una lectura de peso por el controlador.
- ❖ La lectura de peso del producto es comparada con los límites de cada una de las zonas y el producto es clasificado según su peso.

Limites de zona:

Son valores de peso especificados por el cliente, que establecen puntos de quiebre entre una zona y otra. Los limites de zona permiten determinar si el producto es aceptable o no.



- ❖ El control clasifica el producto en la zona correspondiente y determina si el rechazador debe ser activado o no.
- ❖ El control inicia la función de re-cero para compensar automáticamente cambios ambientales graduales - temperatura, acumulación de producto en la celda de carga

Principio de medida

El principio de medida consiste en:

Determinar las desviaciones entre las indicaciones de los instrumentos y los valores de las pesas

- 1) Calibrar el instrumento con pesas patrón en modo estático
- 2) Calibrar objetos (productos) del cliente en modo estático, a esta unidad elegida de cada objeto se le conoce como *Masa de transferencia*
- 3) Calibrar el instrumento en modo dinámico
- 4) Determinar posteriormente la concordancia de las indicaciones en pesadas repetidas en modo dinámico, entre sí y con los valores obtenidos en modo estático.

Alcance de calibración

La calibración se realiza en el intervalo de medición desde *Min* a *Max*, teniendo en cuenta los efectos dinámicos. El cliente puede solicitar parte del alcance de medición, limitado por una carga mínima *Min'* y una carga máxima *Max'*, o cargas nominales individuales.

Tabla 1

Categoría XIII OIML R51, La categoría X se aplica sólo a instrumentos utilizados para comprobar productos pre-ensados

Carga Neta (m) expresada en intervalos de verificación(e)	Error Máximo Permitido promedio para instrumentos categoría X	
	Inicial	En Servicio
XIII		
< m ≤ 500	± 0.5 e	± 1 e
500 < m ≤ 2 000	± 1.0 e	± 2 e
2 000 < m ≤ 10 000	± 1,5 e	± 3 e

Tabla 2

Categoría Y en servicio OIML R51, La categoría Y se aplica a todos los demás instrumentos automáticos como etiquetadoras de peso-precio, balanzas de correos y transporte, e instrumentos que pesan cargas individuales de material suelto.

Carga Neta (m) expresada en intervalos de verificación(e)		Error Máximo Permitido para instrumentos categoría Y
Y(a)	I. verificación	En Servicio
< m ≤ 500	± 1.0 e	± 2 e
500 < m ≤ 2 000	± 1.5 e	± 3 e
2 000 < m ≤ 10 000	± 2.0 e	± 4 e

Condiciones ambientales

Los instrumentos son sensibles a determinadas magnitudes de influencia tales como: temperatura, vibraciones, perturbaciones eléctricas, y otros.

Los instrumentos para pesar de funcionamiento automático son calibrados en su lugar de uso para condiciones normales de operación.

Se indican las influencias desfavorables de las condiciones ambientales.

Se indican las temperaturas al inicio y al final de las calibraciones

Los límites de las condiciones ambientales son los siguientes:

La temperatura debe estar comprendida entre $- 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+ 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

La diferencia entre la temperatura al inicio y al final de la calibración no será mayor de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$

El gradiente de temperatura durante la calibración no será mayor de $5\text{ }^{\circ}\text{C/hora}$

En caso de sobrepasare estos límites se pospone la calibración hasta que esté dentro de estos límites.

Descripción del método

La calibración se divide en dos tipos de mediciones: estático y dinámico.

El orden en el que se realizan las mediciones son los siguientes:

1) Análisis Estático, que comprende

Excentricidad (1/3 Máx, se divide el receptor de carga en cuatro cuadrantes)

Repetibilidad (50% Máx, 10 repeticiones)

Errores de la indicación (100*d, 25% Máx, 50% Máx, 75% Máx y 100 % Máx)

2) Calibración del Objeto 1 y del Objeto 2

3) Análisis Dinámico con Objeto 1 y Objeto 2

Prueba de repetibilidad dinámica

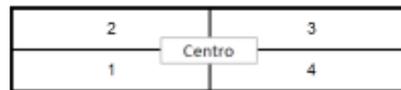
Prueba de excentricidad dinámica

Análisis estático

Prueba de Excentricidad

El objetivo de esta prueba es determinar la diferencia de indicación en distintas zonas del receptor.

Se selecciona una carga T_{Lecce} próxima a $1/3$ Máx, se divide el receptor de carga en cuatro cuadrantes.



Se aplica la carga de prueba en el centro del receptor (I_{centro}) y en centro de cada una de los cuadrantes (I_{eccei}), anotando la Indicación obtenida en cada punto.

Se calcula la diferencia máxima al centro como el máximo de los valores absolutos de las diferencias entre la Indicación en los cuadrantes menos la indicación en el centro:

$$R = \text{máximo} (| I_{eccei} - I_{centro} |)$$

Análisis estático

Prueba de Repetibilidad

El objetivo de esta prueba es comprobar la capacidad del instrumento de proporcionar indicaciones concordantes en pesadas repetidas, trabajando en modo estático.

Se selecciona una carga próxima al 50% de Máx se realizan 10 mediciones.

Se obtiene la desviación estándar ($S_{(n-1)}$) de las 10 indicaciones del instrumento.

Este valor de repetibilidad se indica en el certificado, se emplea para determinar la incertidumbre en estático y para el cálculo de la incertidumbre de las masas de transferencia.

La desviación estándar la se obtiene conforme a la fórmula:

$$\sqrt{\frac{\sum (i - I)^2}{n^{\circ} \text{repeticion} - 1}}$$

Análisis Estático

Prueba para los Errores de indicación

El objetivo de esta prueba es determinar los errores de indicación.

Se seleccionan cinco: cargas 100*d, 25% Máx, 50% Máx, 75% Máx y 100 % Max

Se Colocan sobre el receptor cada una de las cargas seleccionadas

Se calcula el error de la siguiente forma:

$$Ee = Ie - m_{ref}$$

Donde:

Ee es el Error del instrumento (en estático),

m_{ref} es la masa de las pesas patrón,

Ie es la indicación (en estático) del instrumento,

Instrumentos sin indicación de peso en estática

Cuando el instrumento no tenga indicación en estático utilizaremos una balanza auxiliar que tenga una resolución igual o mejor que la comprobadora llamada instrumento de control.

Se realizara la prueba de repetibilidad con una carga mayor o igual que la que corresponda al mayor de los objetos empleados en la calibración, y prescindiremos del resto de valores.

Repetibilidad	Carga correspondiente a la mayor de las masas de transferencia											
											Desviación estándar	g
Carga de prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Indicación												g

Calibración de las masas de transferencia (*Mtra*)

Para asignar a cada masa de transferencia un valor trazable la calibraremos en la propia controladora realizando una pesada de comparación ABBA de cada masa de transferencia a calibrar y de pesas de referencia de valor próximo al de dicha masa de transferencia.

Se calibrará una unidad correspondiente a cada uno de los objetos seleccionados por el cliente, conforme al siguiente proceso:

a) Haremos una pesada preliminar del Objeto para conocer su peso aproximado; no es necesario anotar el resultado de esta pesada.

b) Seleccionaremos una cantidad de pesas patrón próxima al peso de la masa de transferencia a calibrar, pero usando un Máximo de tres o cuatro pesas individuales, y anotaremos su valor *Ref*

Por ejemplo:

Si *Mtra* pesa 132 g, utilizaremos pesas por valor de 130 g, esto es, $100\text{ g} + 20\text{ g} + 10\text{ g}$

Si *Mtra* pesa 139 g, utilizaremos 140; esto es, $100\text{ g} + 20\text{ g} + 20\text{ g}$

Si *Mtra* pesa más de 40 kg será suficiente redondear hasta los 5 kg

Si *Mtra* pesa más de 80 kg hasta los 10 kg y

Si *Mtra* pesa más de 160 kg redondear al menos hasta los 20 kg

Esto garantiza que la diferencia entre las pesas y *Mtra* sea siempre menor del 15%.

Calibración de las masas de transferencia (*Mtra*)

- Anotaremos la tolerancia de las pesas empleadas, conforme a su clase de exactitud.
- Pondremos a cero la comprobadora, cargaremos las pesas patrón centrándolas en el receptor y anotaremos la indicación de la comprobadora (A1). Descargamos las pesas
- Pondremos la comprobadora nuevamente a cero si es necesario, cargaremos el objeto *Mtra* centrado sobre el receptor y anotaremos la indicación de la comprobadora (B1). Retiraremos el objeto.
- Repetimos el paso e y anotamos el nuevo valor (B2)
- Repetimos el paso d, anotamos la indicación (A2) y obtenemos finalmente un ciclo de 4 medidas ABBA.

	A	B	B	A	Valor de Referencia Art. 1
	Pesas	Mtra	Mtra	Pesas	Mtra1
Lecturas	400.2	384.8	384.6	400	384.6

Estos pasos se realizarán para el objetos 1 (*Mtra1*) y objeto 2 (*Mtra2*).

Valor de referencia

Del proceso anterior se obtendrá para cada masa de transferencia un ciclo de medidas ABBA, patrón, muestra, muestra, patrón. Para cada objeto se obtiene:

Valor nominal de las pesas patrón, Ref

Media de las indicaciones de las pesas patrón, I_{Ref}

Media de las indicaciones de la masa de transferencia, I_{Tra}

Diferencia entre las pesas patrón y la masa de transferencia, ΔI_{IC}

Valor de referencia del objeto, o peso estático corregido $M_{tra} = m + \Delta I_{IC}$

Por último, se obtiene también la incertidumbre U_{Mtra} de la masa de transferencia

Resultado de la calibración de las masas de transferencia

Nombre	Símbolo	Fórmula de cálculo	Unidades
Valor nominal de las pesas patrón	Ref	Según la carga aplicada	g
Media de las indicaciones de las pesas	I_{Ref}	$I_{Ref} = (A1+A2) / 2$ A1 y A2 son indicaciones de la controladora en estático con las pesas patrón	g
Media de las indicaciones de Mtra	I_{Mtra}	$I_{Mtra} = (B1+B2) / 2$ B1 y B2 son indicaciones de la controladora en estático con la masa de transferencia a calibrar	g
Diferencia entre las pesas patrón y la masa de transferencia	ΔI_C	$\Delta I_C = I_{Mtra} - I_{Ref}$	g
Desviación típica en estático	s_e	Se obtiene de la prueba de repetibilidad	g
Valor de referencia o Peso estático corregido	Mtra	$Mtra = Ref + \Delta I_C =$ $= Ref + (B1+B2)/2 - (A1+A2)/2$	g
Incertidumbre del valor de referencia	U_{Mtra}	Se desarrolla a parte	g

Análisis Dinámico

El análisis dinámico de la comprobadora tiene por objeto el comprobar el comportamiento del instrumento en condiciones reales de trabajo y proporcionar al usuario información suficiente para determinar las funciones de la comprobadora, para determinados objetos y velocidades de proceso.

Comprende:

- Prueba de repetibilidad dinámica
- Prueba de excentricidad dinámica.

En la toma de datos se hace constar los siguientes datos relativos a cada objeto a probar:

- Identificación del objeto
- Dimensiones del objeto (largo: longitud en el sentido de marcha del mismo, ya que es el utilizado por el instrumento)
- Peso nominal.
- Cadencia máxima.

Análisis Dinámico

- Velocidad de proceso (medida con tacómetro)(se usará sólo para control interno).
- Velocidad Programada (la que indica la comprobadora).
- Masa de transferencia, obtenida durante la calibración de los objetos del cliente (*Mtra*)
- Factor de corrección dinámica, si se conoce.

Datos de los objetos y de las condiciones de funcionamiento son suministrados por el cliente

Repetibilidad Dinámica

Una vez calculada la masa de transferencia, *Mtra*, del objeto, procederemos a pasarlo por el instrumento a calibrar tantas veces como sea necesario, respetando la forma en que el objeto es entregado al instrumento para pesar en condiciones de trabajo normal.

Análisis Dinámico

El número (n) de repeticiones a realizar depende del peso del objeto:

- 30 pesadas si el peso nominal es menor o igual que 10 kg
- 20 pesadas si el peso nominal es mayor que 10 kg y menor o igual que 20 kg
- 10 pesadas si el peso nominal es mayor que 20 kg

Esta prueba se realizará para dos objetos seleccionados por el cliente.

Si el cliente trabaja con un solo objeto, el análisis dinámico se hará para un solo objeto.

Si el cliente solicita el análisis de más de dos objetos, o varias velocidades para el mismo objeto, se hará la calibración con tantos objetos como haya solicitado el cliente.

Resultados

Se Calculan los siguientes resultados para cada serie de pesadas:

Nombre	Símbolo	Fórmula de cálculo	Unidades
Peso medio	X_m		g
Peso máximo	X_{max}	Valor máximo de los valores individuales	g
Peso mínimo	X_{min}	Valor mínimo de los valores individuales	g
Desviación estándar	S		g
Error de exactitud	E_x	$X_m - X_{er}$	g
Incertidumbre de medida	U (Ex)	Se desarrolla a parte	g
Incertidumbre para comparar	Ucompara	Se desarrolla a parte	g
Incertidumbre para pesar	Upesar	Se desarrolla a parte	g

Cálculo del factor de corrección dinámico

Caso 1: Instalación de una comprobadora nueva.

En las comprobadoras Garvens, el factor de corrección dinámico responde a la ecuación:

$$Fcd = \frac{X_e}{X_m}$$

Se procede a la calibración de la comprobadora, se hallan el peso en estático y el peso medio en dinámico, y se calcula el factor de corrección según la ecuación anterior.

En la toma de datos, se indicara sólo la parte de pruebas iniciales, y se pondrá una observación que diga: “Instalación y calibración de la comprobadora. Realizados previamente los ajustes necesarios.”

Cálculo del factor de corrección dinámico

Caso 2: Corrección de un instrumento conocido el antiguo factor de corrección.

Si el factor empleado es incorrecto, se cumplirá que $X_e \neq X_m \cdot FCd$.

Para calcular el nuevo factor de corrección aplicaremos una corrección, que hace cumplir que el nuevo factor de corrección FCd_N responda a

$$FCd_N = \frac{FCd_A \cdot X_e}{X_m}$$

Cálculo del nuevo Factor de Corrección Dinámico: Establezcamos las siguientes definiciones:

X_i : valor de peso interno

X_v : valor de peso del indicador.

X_e : promedio de las indicaciones en estático (sin corrección)

X_m : valor de peso promedio (indicador).

X_{mi} : valor de peso promedio (interno).

E_{xd} : error en dinámico de la controladora: $E_{xd} = X_m - X_e$.

FCd_A : Factor de corrección dinámico (actualmente configurado).

FCd_N : Factor de corrección dinámico nuevo.

Cálculo del factor de corrección dinámico

Por definición, tenemos:

$$X_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{vi} \quad (1)$$

Donde cada valor indicado es corregido por FCd_A según:

$$X_v = X_i * FCd_A$$

Por tanto podemos expresar (1) como:

$$X_m = \frac{FCd_A}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

Definimos el valor del peso medio interno como:

$$X_{mi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3)$$

Dividiendo (2) entre (3), tenemos:

$$\frac{X_m}{X_{mi}} = \frac{\frac{FCd_A}{n} \sum_{i=1}^n X_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i}$$

, donde simplificamos para obtener:

$$X_m = X_{mi} * FCd_A \quad (4)$$

Cálculo del factor de corrección dinámico

De esta ecuación pensamos que, una vez corregido el error, la nueva media tendrá una expresión similar pero introduciendo el factor de corrección nuevo:

$$X_{m_N} = X_{mi} * FCd_N \quad (5)$$

El valor en estático no cambia, ya que el factor de corrección sólo afecta al resultado en dinámico, por lo que X_e siempre es igual.

Cuando ya no haya error, según la definición anterior:

$E_{xd} = X_m - X_e$, tendremos $E_{xd} = 0$, por lo que si $0 = E_{xd} = X_{mN} - X_e$; $X_{mN} = X_e$. Por lo

que, igualando con (5), podemos escribir que $X_e = X_{mi} * FCd_N$ (6)

Cálculo del factor de corrección dinámico

Para finalizar, dividimos la ecuación (4) entre la ecuación (6), y obtenemos:

$$\frac{X_m}{X_e} = \frac{X_{mi} * FCd_A}{X_{mi} * FCd_N}$$

, de donde tenemos que

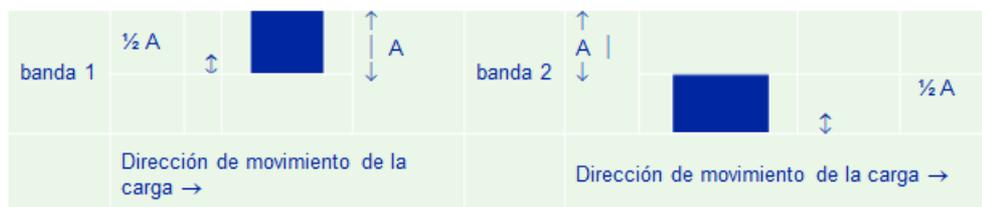
$$FCd_N = \frac{X_e * FCd_A}{X_m} \quad (7)$$

Esta es la ecuación que se emplea en la hoja de toma de datos, y se calcula automáticamente cuando se terminan las mediciones iniciales.

Se, anota el antiguo valor del factor de corrección (el configurado).

Excentricidad dinámica

Seleccionar la carga de prueba más desfavorable de entre las dos masas de transferencia (la más pesada que sea compatible con la siguiente figura) y hacerla pasar por el receptor de carga tal como se muestra a continuación:



En el dibujo la letra A representa el ancho de la banda cuando no existen guías o el ancho entre guías cuando éstas existen.

El número de pasadas en cada posición depende del peso del objeto:

10 pasadas si el peso nominal es menor o igual que 10 kg

6 pasadas si el peso nominal es mayor que 10 kg y menor o igual que 20 kg

3 pasadas si el peso nominal es mayor que 20 kg

Esta prueba no se realizará cuando la carga no pueda aplicarse de forma excéntrica sobre el receptor de carga por la naturaleza y forma del objeto o por el diseño del receptor de carga, por ejemplo por la existencia de guías que se adaptan al ancho del objeto.

**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**