

Recomendación
Internacional

OIML R 60-1
Edición 2021 (E)

Regulación metrológica para celdas de carga

Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos

Organización Internacional
de Metrología Legal

**Traducida y Revisada para CAFIPEM por Dilva Leunda Tosi
Marzo 2022**

N. de T.: en amarillo se indicaron las diferencias con la versión 2017

Contenidos

Prólogo.....		4
1	Introducción.....	6
2	Alcance.....	6
3	Terminología (Términos y definiciones).....	9
3.1	Definiciones generales.....	9
3.2	Categorías de celdas de carga.....	11
3.3	Construcción de celdas de carga (Ver secciones 1 y 2.1).....	11
3.4	Características metrológicas de una celda de carga.....	12
3.5	Términos relativos a rango, capacidad y salida.....	12
3.6	Ilustración de algunas definiciones.....	14
3.7	Términos de medición y de error.....	15
3.8	Influencias y condiciones de referencia.....	17
3.9	Abreviaturas.....	18
4	Descripción de celdas de carga.....	19
5	Requerimientos metrológicos.....	19
5.1	Principio de clasificación de celda de carga.....	19
5.2	Rangos de medición.....	22
5.3	Errores de medición máximos permitidos.....	22
5.4	Error de repetibilidad.....	23
5.5	Variación permitida entre resultados bajo condiciones de referencia.....	23
5.6	Magnitudes de influencia (Condiciones nominales de operación).....	24
5.7	Requisitos para celdas de carga analógicas-activas y celdas de carga digitales.....	25
6	Requerimientos técnicos.....	29
6.1	Software.....	29
6.2	Inscripciones y presentación de la información de la celda de carga.....	29

PRÓLOGO

La Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) es una organización mundial, e intergubernamental, cuyo objetivo primario es armonizar las regulaciones y los controles metrológicos, de sus Estados Miembros, aplicados por los servicios metrológicos nacionales u organizaciones relacionadas. Las categorías principales de las publicaciones de OIML son:

- **Recomendaciones Internacionales (OIML R):** son regulaciones modelo, que establecen las características metrológicas requeridas por ciertos instrumentos de medición y, que especifican métodos y equipamiento para verificar su conformidad. Los Estados Miembro de OIML implementarán estas Recomendaciones, en la mayor medida posible;
- **Documentos Internacionales (OIML D):** son documentos de naturaleza informativa, que pretenden armonizar y mejorar el trabajo en el campo de la metrología legal;
- **Guías Internacionales (OIML G):** que también son documentos de naturaleza informativa, como los anteriores, que pretenden dar directrices para la aplicación de ciertos requerimientos de la metrología legal; y
- **Publicaciones Básicas Internacionales (OIML B):** definen las reglas operativas de los varios sistemas y estructuras de OIML.

Los Proyectos de Recomendaciones, Documentos y Guías, son desarrollados por Comisiones Técnicas o Subcomisiones, que incluyen representantes de los Estados Miembros. Algunas instituciones internacionales y regionales también participan de una consulta base. Se han establecido acuerdos cooperativos entre OIML y ciertas instituciones, tales como ISO y la IEC, con el objetivo de evitar requisitos contradictorios. Consecuentemente, los fabricantes y usuarios de instrumentos de medida, laboratorios de ensayo, etc... pueden aplicar de manera simultánea las publicaciones OIML y las de otras instituciones.

Las Recomendaciones Internacionales, los Documentos, las Guías y las Publicaciones Básicas se publican en inglés (E) y se traducen al francés (F), y están sujetas a revisiones periódicas.

Adicionalmente la OIML publica o participa en las publicaciones de **Vocabularios (OIML V)** y periódicamente comisiona a expertos en metrología legal para escribir **Reportes de Expertos (OIML E)**. Los Reportes de Expertos tienen como objetivo proporcionar información y asesoramiento, y están escritos solamente desde el punto de vista de su autor, sin la participación de una Comisión o de una Subcomisión Técnica, ni de la Comisión Internacional de Metrología Legal. Por lo tanto, no necesariamente representan el punto de vista de la OIML.

Esta publicación – referencia OIML R 60-1:2021- es una edición actualizada (desarrollada por el Comité de Gerenciamiento del Sistema de Certificación) de la OIML R 60-1:2017 (desarrollada por el Grupo de Proyecto 1, del Comité Técnico de OIML TC9 *Instrumentos para medición de masa y densidad*). Esta edición actualizada consolida la Enmienda (2019-12-23) de la R 60:2017 e incluye otros cambios editoriales y cambios técnicos menores. Fue aprobada para su publicación final, por la Comisión Internacional de Metrología Legal en ocasión de su reunión número 56 en octubre de 2021 y fue sancionada en la Conferencia Internacional de Metrología Legal número 16, en 2021. Reemplaza a la edición previa de R 60 fechada en 2017.

Las Publicaciones OIML se pueden descargar de la página web de la OIML con formato de archivos PDF. Información adicional sobre Publicaciones de OIML se pueden solicitar a la Jefatura de la Organización.

Bureau International de Métrologie Légale
11, rue Turgot - 75009 Paris - France
Téléphone: 33 (0)1 48 78 12 82
Fax: 33 (0)1 42 82 17 27
E-mail: biml@oiml.org
Internet: www.oiml.org

Parte 1 Requisitos Metrológicos y Técnicos

1 Introducción

Las celdas de carga constituyen un elemento particular o módulo, dentro de otros instrumentos complejos; no producen valores cuantitativos distintivos que sean identificados o asociados inherentemente con denominaciones o unidades. Los datos que se obtienen de una celda de carga, son simplemente una medida del cambio en la salida de la celda, en relación con la entrada. Este cambio relativo, se debe convertir mediante otros elementos o módulos que formen parte del instrumento, en valores representativos de medidas, que luego puedan utilizarse para identificar una cantidad.

A pesar que la tecnología de galgas extensiométricas (strain gauges), fue el foco primario en el desarrollo inicial de la R60, se sobrentiende que las celdas de carga que operan utilizando otros principios, pueden también ser evaluadas bajo esta Recomendación.

2 Alcance

2.1 Esta Recomendación prescribe las principales características metrológicas estáticas, y los procedimientos estáticos de evaluación para las celdas de carga, utilizados para la determinación de la conformidad según esta Recomendación.

Se intenta proveer a las autoridades, de medios uniformes para determinar las características metrológicas de las celdas de carga utilizadas en instrumentos de medición, que estén sujetos a controles metrológicos.

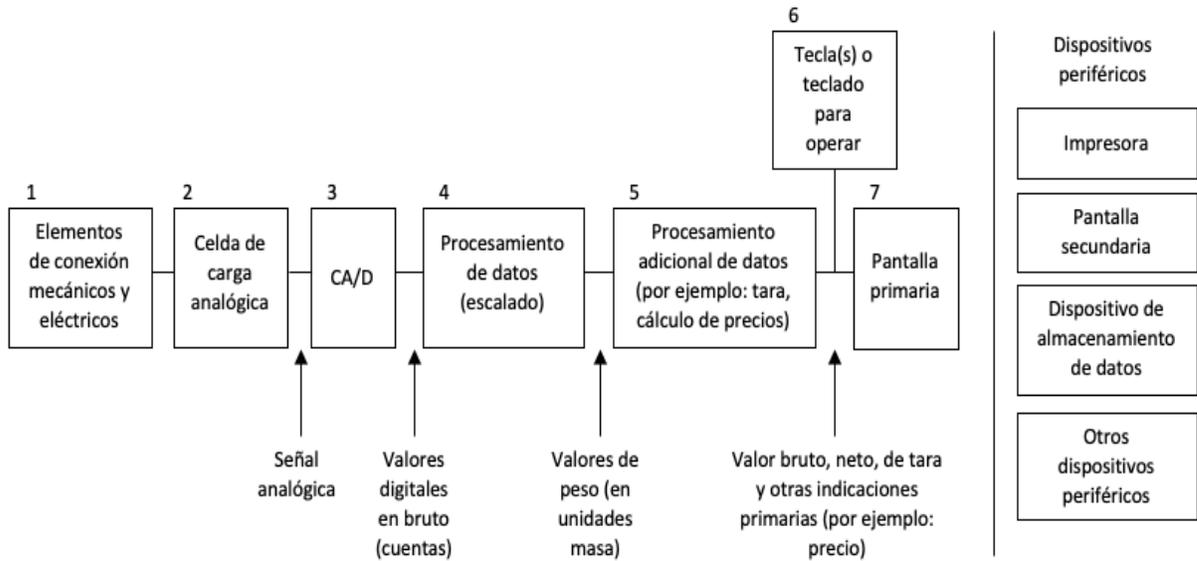
Es sabido que los procedimientos de ensayo que se describen en la OIML R 60-2, son útiles en la evaluación de las celdas de carga que están actualmente en servicio en el mercado (es decir, mayormente las celdas que basan su funcionamiento en galgas extensiométricas), sin embargo, pueden existir variaciones en los diseños de celdas, que requieran para ser evaluadas apropiadamente, procedimientos de ensayo modificados o adicionales. Estos procedimientos de ensayo adicionales, podrán anexarse cuando sean necesarios.

Estos requisitos se aplican cualquiera sea la tecnología o el principio de funcionamiento utilizado, a menos que se especifique otra cosa. Esta Recomendación se hizo con la premisa de no ser específica ni al diseño de la celda ni a sus principios de funcionamiento.

2.2 Esta Recomendación utiliza el principio de que los algunos errores de medición, se deben considerar en forma conjunta, al aplicar las características de desempeño de la celda de carga, al límite de error permitido. Por lo tanto, no se considera apropiado especificar errores individuales para determinadas características de desempeño (por ejemplo: no linealidad, histéresis, efectos de los factores de influencia), sino considerar el error total permitido para una celda de carga como el factor limitante. El uso de un límite de error, permite el balanceo de las contribuciones individuales, al error total de medición, permitiendo lograr el resultado pretendido.

Nota: El límite de error podría definirse, como una curva (envolvente) que proporcionan el límite máximo de errores permitidos (ver Tabla 4) en función de la fuerza que ejerce la carga aplicada (expresada en unidades de masa) dentro del rango de medición. El error combinado determinado, podría ser positivo o negativo, e incluir los efectos de no linealidad, histéresis y temperatura.

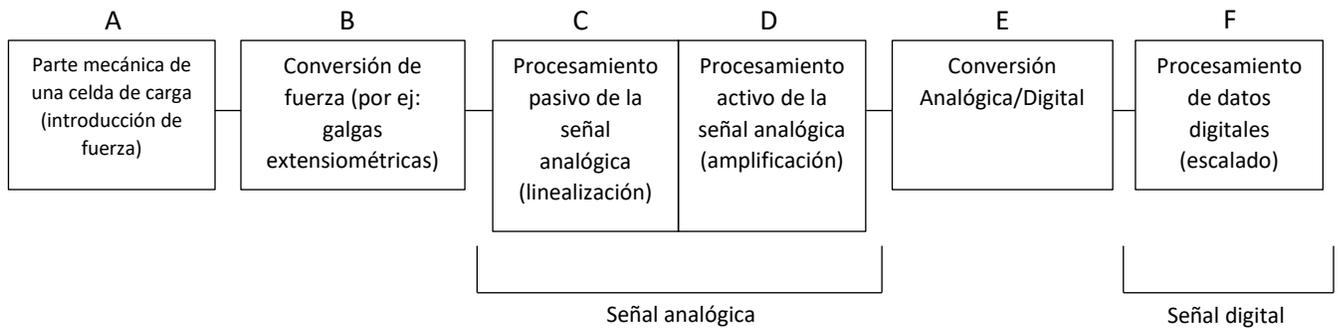
2.3 Los “Módulos de Pesaje” tal como están definidos en la OIML R 76 [1], T.2.2.7 (ver R 60, Anexo A, A.2.1) no están cubiertos por esta Recomendación. Los instrumentos de pesar que incluyen celdas de carga y que entregan una indicación de masa, están sujetos a otras Recomendaciones. Mientras que las celdas digitales pueden estar cubiertas por esta Recomendación, una celda de carga que produce una salida que consiste en más que “cuentas brutas” digitales no lo está. En la ilustración que sigue (de la OIML R76), se observa que el alcance de la R60 no se extendería más allá del módulo # 3.



De la OIML R76:

Definición de módulos típicos incluidos en un sistema de pesaje (son posibles otras combinaciones).

Figura 1 Componentes típicos de un instrumento de pesar



Celda de carga analógica-pasiva	A-C
Celda de carga analógica-activa	A-D
Celda de carga digital	A-E
Celda de carga digital con procesamiento de datos	A-F

Las celdas de carga analógicas y las celdas de carga digitales sin procesamiento de datos están dentro del alcance de la OIML R60.

Figura 2 Caracterización de las capacidades de la celda de carga

3 Terminología (Términos y definiciones)

Los términos más frecuentemente utilizados, en el campo de las celdas de carga se dan a continuación (ver 3.6 para una ilustración de algunas definiciones). La terminología usada en esta Recomendación se ajusta al *OIML V 2-200 International Vocabulary of Metrology- Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) [2]*, a *OIML V 1 International Vocabulary of Terms in Legal Metrology (VIML) [3]*, a *OIML D 9 Principles of metrological supervision [4]*, a *OIML D 11 General Requirements for electronic measuring instruments [5]*, y a *OIML B 18 Framework for the OIML Certification System (OIML-CS) [6]*.

N. de T.:

- *OIML V 2-200 International Vocabulary of Metrology- Basic and General Concepts and Associated Terms = OIML V 1 Vocabulario Internacional de Metrología- Conceptos Generales y Términos Asociados (VIM) [2].*
- *OIML V 1 International Vocabulary of Terms in Legal Metrology (VIML) [3]= OIML V 2 Vocabulario Internacional de términos en Metrología Legal (VIML) [3].*
- *OIML D 9 Principles of metrological supervision [4] =OIML D 9 Principios de supervisión metrológica [4].*
- *OIML D 11 General Requirements for electronic measuring instruments [5]= OIML D 11 Requerimientos Generales para instrumentos electrónicos de medición [5].*
- *OIML B 18 Framework for the OIML Certification System (OIML-CS) [6] = OIML B 18 Marco para el Sistema de Certificación OIML (OIML-CS) [6].*

Además, para los propósitos de esta Recomendación, se aplican las siguientes definiciones:

3.1 Definiciones generales

3.1.1

Durabilidad [VIML 5.15]

Habilidad de un instrumento de medición de mantener sus características de desempeño durante un período de uso.

3.1.2

Metrología legal [VIML 1.01]

Práctica y proceso que consiste en aplicar a la metrología una estructura regulatoria y estatutaria y también su observancia.

(Para notas, referirse a el VIML [3]).

3.1.3

Celda de carga

Transductor de medición que producirá una salida, en respuesta a una carga aplicada. Esta salida podría ser convertida por otro dispositivo en unidades de medida, como por ejemplo masa.

3.1.3.1

Celda de carga analógica-pasiva

Celda de carga cuya salida provee o datos mensurables o información directa que representa el valor medido.

Nota: la relación entre la salida y la entrada puede ser ajustable y este tipo de celda de carga puede utilizar:

- Electrónica pasiva (por ejemplo: galgas extensiométricas), y
- Elementos pasivos de compensación de temperatura

3.1.3.2

Celda de carga analógica-activa

Celda de carga capaz de realizar las funciones descritas para “celda de carga analógica-pasiva” (3.1.3.1) y que también utiliza electrónica activa.

Nota: este tipo de celda de carga puede utilizar la electrónica activa para:

- Obtener una representación electrónica del valor medurado
- Realizar una compensación activa de la temperatura, y
- funciones similares que influyen al valor medido.

3.1.3.3

Celda de carga digital

Celda de carga analógica-activa, que incluye un dispositivo conversor analógico/digital que proporciona una representación del valor medido, en un formato digital no procesado.

3.1.3.4

Celda de carga digital equipada con procesamiento de datos adicional (Figura 2, A–F)

Celda de carga analógica-activa, que incluye un dispositivo de conversión analógico/digital que provee una representación del valor medido en un formato digital, e incluye procesamiento digital adicional (por ejemplo: escalado).

3.1.4

Marcado [VIML 2.19]

Proceso de fijación de una o más marcas.
(Ver notas en VIML [3]).

3.1.5

Supervisión metrológica [VIML 2.03]

Actividad de control legal metrológico, que se realiza para verificar la observancia de leyes y regulaciones metrológicas.

(Ver notas en VIML [3]).

3.1.6

Transductor de medición [VIML 3.7]

Dispositivo utilizado en medición, que proporciona una cantidad de salida que tiene una relación específica con la cantidad de entrada.

3.1.7

Ensayo de desempeño

Ensayo realizado con el fin de verificar si la celda de carga bajo ensayo, es capaz de realizar las funciones para las cuales fue diseñada.

3.1.8

Condición de operación nominal [VIM 4.9]

Condición de operación que se debe cumplir durante la medición, con el objetivo de que un instrumento o sistema de medición, funcione según fue diseñado.

(Ver notas en VIM [2]).

3.1.9

Sellado [VIML 2.20]

Medios destinados a proteger al instrumento de medición, contra cualquier modificación que no haya sido autorizada, reajustes, remoción de partes, software, etc.

(Ver notas en VIML [3]).

3.1.10

Evaluación de modelo [VIML 2.04]

Procedimiento de evaluación de conformidad, en una o más muestras de un modelo identificado de instrumentos de medición, que da como resultado un reporte de evaluación y/o un certificado de evaluación.

(Ver notas en VIML [3]).

3.1.11

Aprobación de modelo [VIML 2.05]

Decisión con relevancia legal, basada en la revisión del reporte de evaluación de modelo, que implica que un modelo de instrumento de medición cumple con los requerimientos reglamentarios relevantes, y que resulta en la emisión del certificado de aprobación de modelo.

3.2 Categorías de celdas de carga

3.2.1 Aplicación de la carga

3.2.1.1

Aplicación de una carga de compresión

Aplicar una fuerza que genera una compresión, al receptor de carga de una celda de carga.

3.2.1.2

Aplicación de una carga de tracción

Aplicar una fuerza que genera una tracción, al receptor de carga de una celda de carga.

3.3

Construcción de celdas de carga (Ver secciones 1 y 2.1)

3.3.1

Galga extensiométrica (strain gauge)

Elemento analógico resistivo que está unido a la estructura de una celda de carga y, que cambia el valor de su resistencia, dependiendo de la deformación de la estructura de la celda de carga, cuando se aplican a la celda, fuerzas de compresión o tracción.

3.4 Características metrológicas de una celda de carga

3.4.1

Símbolo de humedad

Símbolo que se asigna a una celda de carga, que indica las condiciones de humedad bajo las cuales ha sido ensayada.

3.4.2

Familia de celdas de carga

Grupo de celdas de carga, que para los propósitos de la evaluación de modelo, se consideran como una familia y:

- a) son del mismo material o combinación de materiales (por ejemplo: acero dulce, acero inoxidable o aluminio);
- b) tienen el mismo diseño de la técnica de medición (por ejemplo: galgas extensiométricas pegadas o adheridas al metal);
- c) cuando utilizan galgas extensiométricas, el método de fijación de las mismas al cuerpo de la celda, es siempre el mismo;
- d) todas han sido construidas con el mismo método (por ejemplo: forma, sellado de las galgas extensiométricas, método de montaje, método de fabricación);
- e) todas tienen el mismo conjunto de especificaciones (por ejemplo: salida nominal, impedancia de entrada, tensión de alimentación, detalles del cable), y
- f) que si pertenecen a uno o más grupos, las características metrológicas de las celdas que pertenecen a el o los grupo (s), son idénticas (como se detalla en 5.1.5- incluyendo: clase, n_{LC} , clasificación de temperatura, etc).

Nota: los ejemplos que se proporcionan no pretenden ser limitantes.

3.5 Términos relativos a rango, capacidad y salida

3.5.1

División de la celda de carga

Subdivisión del rango de medición de la celda de carga.

3.5.2

Rango de medición de la celda de carga (para verificación)

Rango comprendido entre la carga máxima del rango de medición $D_{m\acute{a}x}$, y la carga mínima del rango de medición o carga mínima de ensayo, $D_{m\acute{i}n}$.

Rango de medición de la celda de carga = $(D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n})$

N. de T.: $(D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n})$ es el rango de medición para verificación

3.5.3

Salida de la celda de carga

Cantidad mensurable en la que una celda de carga, convierte la cantidad de entrada medida.

3.5.4 División de verificación de la celda de carga (v)

División de la celda de carga, expresada en unidades de masa, que se utiliza en el ensayo de la misma para su clasificación, en clases de precisión.

3.5.5

Capacidad máxima ($E_{\text{máx}}$)

Mayor valor de una cantidad expresada en unidades de masa, que puede aplicarse a una celda de carga.

3.5.6

Carga máxima del rango de medición ($D_{\text{máx}}$)

Mayor valor de una cantidad expresada en unidades de masa, que puede aplicarse a una celda de carga bajo ensayo.

3.5.7

Rango máximo de medición

Rango de valores de la cantidad expresada en unidades de masa, que puede ser aplicada a una celda de carga.

Nota: el rango máximo de medición es el rango entre la capacidad máxima $E_{\text{máx}}$ y la carga muerta mínima $E_{\text{mín}}$

$$\text{Rango máximo de medición} = (E_{\text{máx}} - E_{\text{mín}})$$

3.5.8

Número máximo de divisiones de verificación de una celda de carga (n_{LC})

Número máximo de divisiones de verificación de una celda de carga, en el cual se puede dividir el rango máximo de medición.

3.5.9

Carga muerta mínima ($E_{\text{mín}}$)

Menor valor de una cantidad (expresada en unidades de masa) que se puede aplicar a una celda de carga.

3.5.10

Retorno a cero (DR)

Diferencia entre las salidas de la celda de carga, expresada en unidades de masa, para la carga muerta mínima del rango de medición o carga mínima de ensayo ($D_{\text{mín}}$), medida antes y después de la aplicación de una carga igual a $D_{\text{máx}}$.

3.5.11

División de verificación mínima de la celda de carga ($v_{\text{mín}}$)

Menor valor de la división de verificación de la celda de carga, expresado en unidades de masa, en el que se puede dividir el rango de medición ($E_{\text{máx}} - E_{\text{mín}}$).

3.5.12

Carga mínima del rango de medición o carga mínima de ensayo ($D_{\text{mín}}$)

Menor valor de una cantidad expresada en unidades de masa, que se aplica a una celda de carga bajo ensayo.

3.5.13

Número de divisiones de verificación de la celda de carga (n)

Número total de divisiones de verificación de la celda de carga, en las cuales se divide el rango máximo de medición.

3.5.14

Retorno a cero relativo (Z)

Relación entre el rango máximo de medición y el doble de DR

$$N. de T.: Z = (E_{m\acute{a}x} - E_{m\acute{i}n}) / (2 \times DR)$$

Nota: esta relación se utiliza para describir instrumentos multi intervalo.

3.5.15

División de verificación mínima relativa, de una celda de carga (Y)

Relación entre el rango máximo de medición ($E_{m\acute{a}x} - E_{m\acute{i}n}$), y la división de verificación mínima ($V_{m\acute{i}n}$) de la celda de carga.

$$N. de T.: Y = (E_{m\acute{a}x} - E_{m\acute{i}n}) / V_{m\acute{i}n}$$

Nota: esta relación describe la resolución de la celda de carga, independientemente de la capacidad de la misma.

3.5.16

Carga segura límite ($E_{l\acute{i}m}$)

Carga máxima que se puede aplicar, sin producir un cambio permanente en las características del desempeño, en relación con aquellas que se especificaron.

3.5.17

Tiempo de calentamiento (puesta en régimen)

Tiempo transcurrido entre el momento en que se energiza la celda de carga, y el momento en el que ésta puede cumplir con los requisitos de esta Recomendación.

3.6 Ilustración de algunas definiciones

Los términos que aparecen por encima de la línea horizontal (relacionados con los parámetros $E_{m\acute{a}x}$ y $E_{m\acute{i}n}$) son parámetros invariables que dependen del diseño de la celda de carga. Los términos que aparecen por debajo de esta línea (relacionados con los parámetros $D_{m\acute{i}n}$ y $D_{m\acute{a}x}$) son parámetros variables que dependen de las condiciones del ensayo de la celda de carga (en particular aquellas celdas utilizadas en instrumentos de medición).

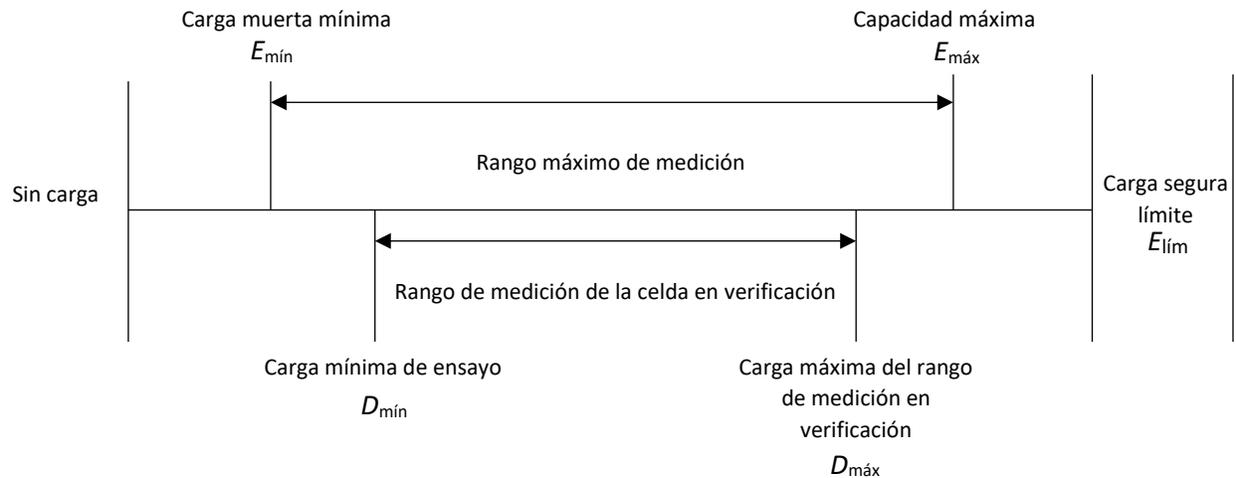


Figura 3 Ilustración de algunas definiciones

Son válidas las siguientes afirmaciones: (Ver también R 60-2, 2.7.3.4)

- $(D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}}) \leq (E_{\text{máx}} - E_{\text{mín}})$
- $E_{\text{mín}} \leq D_{\text{mín}} \leq (0.1 E_{\text{máx}})$, y $(0.9 E_{\text{máx}}) \leq D_{\text{máx}} \leq E_{\text{máx}}$

3.7 Términos de medición y de error

3.7.1

Creep (Fluencia)

Cambio en la salida de la celda de carga en el tiempo, bajo carga constante y, con las condiciones ambientales y otras variables también constantes.

3.7.2

Factor de distribución (p_{LC})

Valor de una fracción adimensional, expresada como número decimal (por ejemplo: 0,7) que representa aquella porción del error del instrumento de pesar, que se atribuye solo a la celda de carga.

Nota: este valor interviene en la determinación del MPE (ver 3.7.10).

3.7.3

Error de durabilidad [VIML 5.16]

Diferencia entre el error intrínseco luego de un período de uso y el error intrínseco inicial de un instrumento de medición.

3.7.4

Incertidumbre expandida

Cantidad que define un intervalo en relación al resultado de una medición, que se espera abarque, una gran parte de la distribución de valores, que se podrían atribuir razonablemente al mensurando (OIML G 1-100 *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*) [7].

N. de T.: (OIML G 1-100 Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) [7]= (OIML G1-100 Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones) [7].

3.7.5

Falla [VIML 5.12]

Diferencia entre el error de indicación y el error intrínseco de un instrumento de medición (Ver notas en VIML [3]).

3.7.6

Salida de detección de falla

Representación eléctrica que proporciona la celda de carga y que indica que existe una condición de falla.

3.7.7

Error de histéresis

Diferencia entre las lecturas de la salida de la celda de carga para la misma fuerza aplicada, entre la lectura obtenida al incrementar la carga desde la carga mínima D_{\min} y la lectura obtenida al disminuir la carga desde la carga máxima D_{\max} .

3.7.8

Error intrínseco inicial [VIML 5.11]

Error intrínseco de un instrumento de medición, determinado antes de los ensayos de desempeño y de las evaluaciones de durabilidad.

3.7.9

Error intrínseco de una celda de carga

Error de una celda de carga, determinado bajo condiciones de referencia.

3.7.10

Error máximo tolerado (MPE) [VIM 4.26]

Valor extremo del error de medición, en relación con el valor de una cantidad de referencia conocida, permitido por las especificaciones o regulaciones para una medición dada, un instrumento de medición o un sistema de medición (Ver notas en VIM [2]).

3.7.11

Error de medición [VIM 2.16]

Cantidad medida menos el valor de una cantidad de referencia.

Nota: el término "error de medición" en esta Recomendación se refiere a los errores de medición de celdas de carga.

(Ver notas en VIM [2]).

3.7.12

Cantidad medida (valor) [VIM 2.10]

Valor de la cantidad que representa un resultado de medición.

(Ver notas en VIM [2]).

3.7.13

No linealidad

Desviación en relación a una línea recta, del promedio de valores de las señales de celda de carga, entre fuerza aplicada igual a cero y fuerza aplicada máxima.

3.7.14

Error de repetibilidad/fidelidad

Diferencia entre las lecturas de las salidas de la celda de carga, obtenidas a partir de pruebas consecutivas, realizadas con la misma carga y en iguales condiciones ambientales de medición.

3.7.15

Resolución [VIM 4.14]

Mínima variación de la magnitud medida, que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

(Ver notas en VIM [2]).

3.7.16

Error significativo de durabilidad [VIML 5.17]

Error de durabilidad que excede el valor especificado en la Recomendación aplicable.

(Ver notas en VIML [3]).

3.7.17

Falla significativa [VIML 5.14]

Falla que excede el valor límite aplicable de falla.

(Ver notas en VIML [3]).

3.7.18

Estabilidad de la pendiente (span stability)

Capacidad de una celda de carga de mantener el valor de su salida, dentro de límites especificados, en todo su rango de medición y en un período de uso.

N. de T.: Para la AENOR es "estabilidad de la respuesta"

3.7.19

Efecto de la temperatura en la salida de la carga muerta mínima

Cambio de la señal de salida cuando la carga es la carga muerta mínima, debido a un cambio en la temperatura ambiente.

3.7.20

Efecto de la temperatura en la sensibilidad

Cambio en la sensibilidad debido a un cambio en la temperatura ambiente.

3.7.21

Marca de modelo aprobado [VIML 3.07]

Marca aplicada a un instrumento de medición que certifica su conformidad con el modelo aprobado.

3.8 Influencias y condiciones de referencia

3.8.1

Perturbación [VIML 5.19]

Magnitud de un factor de influencia cuyo valor se encuentra dentro de los límites especificados en la Recomendación relevante, pero que se encuentra fuera de las condiciones de operación nominales específicas de un instrumento de medición.

3.8.2

Factor de influencia [VIML 5.17]

Cantidad de influencia cuyo valor está dentro de las condiciones operativas nominales del instrumento de medición
(Ver notas en VIML [3]).

3.8.3

Cantidad de influencia [VIM 2.52]

Cantidad que no afecta de manera directa, el valor de lo que se está midiendo, pero que afecta la relación entre la indicación y el resultado de la medición.
(Para ejemplos y notas referirse a VIM [2]).

3.8.4

Condición nominal de operación [VIM 4.9]

Condición de operación que se debe verificar durante la medición, para que un instrumento de medición o un sistema de medición funcionen acorde a lo diseñado.
(Para notas referirse a VIM [2]).

3.8.5

Condiciones de referencia (Condiciones de operación) [VIM 4.11]

Condición de operación prescrita para evaluar el desempeño de un instrumento de medición o de un sistema de medición, o por comparación de los resultados de la medición.
(Para notas referirse a VIM [2]).

3.9 Abreviaturas

AC Corriente alterna

CH Humedad cíclica

DC Corriente continua

DR Retorno a cero

EMC Compatibilidad electromagnética

EUT Instrumento bajo ensayo IBE

IEC International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional)

ISO International Organization for Standardization (Organización Internacional para la estandarización)

I/O Input/Output (Entrada/Salida)

LC Load Cell (Celda de Carga)

MPE error máximo tolerado

NH No Humidity (no apto para humedad)

OIML International Organization of Legal Metrology (Organización Internacional de Metrología Legal)

SH Steady-State Humidity (Humedad en estado estable)

VIM International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (Vocabulario Internacional de Metrología- Conceptos generales y básicos y términos asociados)

VIML International vocabulary of terms in legal metrology (Vocabulario y términos internacionales de metrología legal).

4 Descripción de celdas de carga

Una celda de carga proporciona una salida proporcional a una fuerza, que resulta de la aplicación de una carga. Las celdas de carga pueden utilizarse como un transductor simple, o de manera conjunta, con otras celdas de carga en un sistema, para el cual el diseño permite esta aplicación. En esta Recomendación el uso del término “celda de carga”, no está limitado a ningún tipo particular de tecnología o principio de diseño.

Aunque se utilicen tecnologías variadas en el diseño de celdas de carga, aquellas que se utilizan en aplicaciones de metrología legal se diseñan normalmente, para proveer una salida eléctrica relativa a una entrada mecánica. Tanto las salidas analógicas como las digitales son las que corresponden a celdas de carga incluidas dentro de esta categoría. A pesar de que la tecnología de galgas extensiométricas, sea el foco primario en el desarrollo de la R 60, se debe sobreentender que las celdas de carga que operan utilizando otros principios, también pueden ser evaluadas bajo esta Recomendación.

Existen otros transductores que operan utilizando bases alternativas de entradas/salidas, pero no se limitan solo a presión (por ejemplo: hidráulica, neumática), a frecuencia vibratoria y a fuerzas magnéticas.

El término celda de carga puede describir un componente/módulo elemental, o un instrumento más complejo que incluya componentes que realizan funciones como filtrado de señal o conversión analógica a digital.

5 Requerimientos metrológicos

5.1 Principio de clasificación de celda de carga

La clasificación de las celdas de carga en diferentes clases de precisión, se provee para facilitar su aplicación a diferentes sistemas de medición. En la aplicación de esta Recomendación, se debe reconocer que el desempeño efectivo de una celda de carga particular, se puede mejorar con medios de compensación que formen parte del sistema de medición en el cual se aplica. Sin embargo, no es la intención de esta Recomendación, exigir que una celda de carga sea de la misma clase de precisión, que la del sistema de medición del cual forma parte. Tampoco requiere que un instrumento de medición, que muestre sus indicaciones, por ejemplo: en unidades de masa, utilice una celda de carga que haya sido aprobada en una evaluación de modelo realizada separadamente. Todos los datos/items que se listan de 5.1.1 a 5.1.7 deben ser especificados por el fabricante.

5.1.1 Clases de precisión y sus símbolos

Las celdas de carga deberán ser clasificadas, de acuerdo a sus capacidades de desempeño general, en una de las cuatro clases de precisión cuyas designaciones son las siguientes:

Clase A; Clase B; Clase C; Clase D.

5.1.2 Número máximo de divisiones de verificación de la celda de carga

El número máximo de divisiones de verificación de la celda de carga n_{LC} en el que se puede dividir el rango máximo de medición ($E_{m\acute{a}x} - E_{m\acute{i}n}$) (ver 3.5.8) para un sistema de medición, deberá estar dentro de los límites indicados en la Tabla 1.

Tabla 1: Número máximo de divisiones de verificación de la celda de carga n_{LC} de acuerdo a la clase de precisión

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Límite inferior	50.000	5.000	500	100
Límite superior	Sin límite	100.000	10.000	1.000

5.1.3 División de verificación mínima de la celda de carga $v_{m\acute{i}n}$

La división de verificación mínima de la celda de carga, $v_{m\acute{i}n}$, debe ser especificada por el fabricante (ver 3.5.11 en combinación con 3.5.15).

5.1.4 Clasificaciones suplementarias

Las celdas de carga también deberán ser clasificadas, por la forma en que se previó que se les aplique la carga, cuando exista la posibilidad de confundir ese tipo de carga (es decir carga de compresión, de tracción o universal). Una celda de carga puede tener diferentes clasificaciones, en función al tipo de carga que puede recibir según su diseño. Se deben especificar las formas de cargar la celda, para las cuales aplican la o las clasificaciones. Para celdas de capacidades múltiples, cada capacidad debe ser clasificada separadamente.

5.1.5 Clasificación completa de la celda de carga

La celda de carga debe clasificarse en correspondencia a los seis parámetros siguientes

- Designación de la clase de precisión (ver 5.1.1 y 6.2.4.1);
- Número máximo de divisiones de verificación de la celda de carga (ver 5.1.2 y 6.2.4.5);
- Forma prevista de aplicación de la carga, si fuera necesario (ver 5.1.4 y 6.2.4.2);
- Límites especiales de temperatura de trabajo, si es aplicable (ver 6.2.4.3);
- Símbolo de humedad, si es aplicable (ver 6.2.4.4); y
- Información adicional de características, tal como se lista más abajo en la Figura 4, 5.1.6, y 5.1.7.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de los seis parámetros usados para la clasificación de la celda de carga

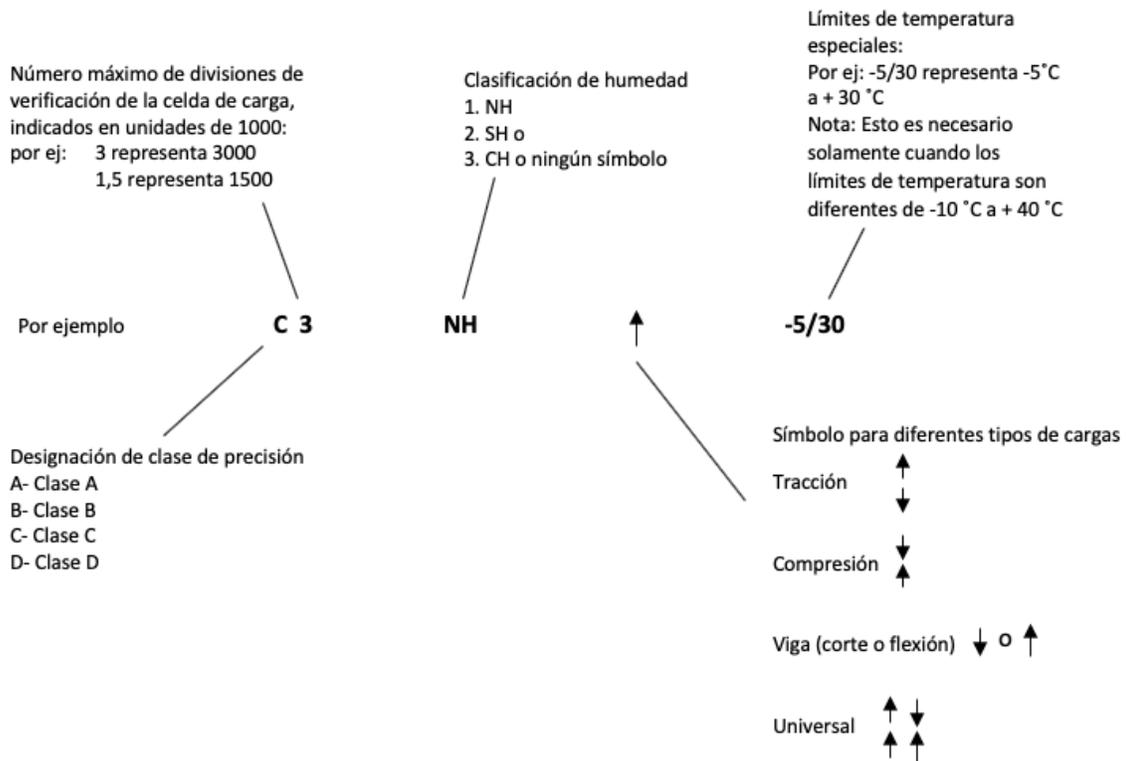


Figura 4 Clasificación completa de la celda de carga

5.1.6 Clasificación estándar

Se deben usar las clasificaciones estándares. Se muestran ejemplos en la Tabla 2.

Tabla 2 Ejemplos de clasificación de celda de carga

Símbolo de clasificación	Descripción
C2	Clase C, 2.000 divisiones
C3 ↓ 5/35 ↑	Clase C, 3.000 divisiones, compresión, + 5 °C a + 35 °C
C2 NH	Clase C, 2.000 divisiones, no sometida a ensayo de humedad

5.1.7 Clasificaciones múltiples

Las celdas de carga que tienen varias clasificaciones por la manera en que se les aplica la carga, deben acompañarse con información relativa a cada clasificación. Se muestra un ejemplo en la Tabla 3. En la Figura 4, utilizando un ejemplo, se muestra una ilustración de los símbolos de clasificación estándar.

Tabla 3 Ejemplos de clasificaciones múltiples

Símbolo de clasificación	Descripción
C2 ↑	Clase C, 2.000 divisiones
C1.5 ↓	Clase C, 1.500 divisiones
C 1 ↓ - 5/30 ↑	Clase C, 1.000 divisiones, compresión, + 5 °C a + 30 °C
C3 ↑ - 5/30 ↓	Clase C, 3.000 divisiones, tracción, + 5 °C a + 30 °C

5.2 Rangos de medición

5.2.1 Carga mínima del rango de medición (D_{\min}) (ver 3.5.12)

El valor de la menor carga aplicada a una celda de carga bajo ensayo, expresado en unidades de masa, no debe ser menor a E_{\min} (ver 3.5.9).

5.2.2 Carga máxima del rango de medición (D_{\max}) (ver 3.5.6)

El valor de la mayor carga aplicada a una celda de carga bajo ensayo, expresado en unidades de masa, no debe ser mayor a E_{\max} (ver 3.5.5).

5.3 Errores de medición máximos permitidos

En condiciones nominales de operación (ver 5.6), el error máximo tolerado (MPE) no debe exceder los valores especificados en 5.5.

El MPE se aplica tanto en procesos de cargas crecientes como de cargas decrecientes (es decir se aplica también para la histéresis).

5.3.1 Errores máximos permitidos para cada clase de precisión

Los errores de medición máximos permitidos, para cada clase de precisión, están relacionados con el número máximo de divisiones de verificación de la celda de carga (n_{LC}) especificado para cada celda de carga (ver 5.1.2) y con valor real de la división de verificación de la celda de carga, v .

5.3.2 Evaluación de modelo

Los MPE (ver 3.7.10) en evaluación de modelo, deben ser los valores derivados de las expresiones contenidas en la columna izquierda de la Tabla 4. El factor de distribución, p_{LC} , debe ser elegido y declarado por el fabricante (si es diferente a 0,7) y debe estar comprendido en el rango de 0,3 a 0,8: $(0,3 \leq p_{LC} \leq 0,8)^1$, en donde "m" es el valor (expresado en unidades de masa) que representa la fuerza introducida por la carga aplicada.

¹ Asociado con la distribución de las asignaciones de error, que se encuentran en OIML R 76-1, 3.5.1 y 3.10.2.1 [1]; R 50-1, 2.2.33.2.2 [25]; R 51-1, 5.2.3.4 [26]; R 61-1, 5.2.3.3 [24]; R 106-1, 5.1.3.2 [28]; o R 107-1, 5.1.4.1 [27], cuando se utilizan celdas de carga en esos instrumentos.

Tabla 4 Errores máximos tolerados (MPE) en evaluación de modelo

MPE (+/-)	Carga, m			
	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
$p_{LC} \times 0.5 v$	$0 \leq m \leq 50.000 v$	$0 \leq m \leq 5.000 v$	$0 \leq m \leq 500 v$	$0 \leq m \leq 50 v$
$p_{LC} \times 1.0 v$	$50.000 v < m \leq 200.000 v$	$5.000 v < m \leq 20.000 v$	$500 v < m \leq 2.000 v$	$50 v < m \leq 200 v$
$p_{LC} \times 1.5 v$	$200.000 v < m$	$20.000 v < m \leq 100.000 v$	$2.000 v < m \leq 10.000 v$	$200 v < m \leq 1.000 v$

El valor del factor de distribución p_{LC} , si no es igual a 0,7, debe aparecer en el certificado OIML. Si el valor de p_{LC} no se especifica en el certificado, entonces se asume que es igual a 0,7. El error máximo tolerado puede ser positivo o negativo y se aplica tanto a cargas crecientes como decrecientes. Los límites del error, incluyen errores debidos a no linealidad, histéresis y efecto de la temperatura sobre la sensibilidad, para determinados rangos de temperatura especificados en 5.6.1.1 y 5.6.1.2. Otros errores, que no se incluyen en los límites de error de la Tabla 4, se tratan separadamente.

5.4 Error de repetibilidad

La diferencia máxima entre resultados de la aplicación de cinco cargas idénticas para clases A y B y de la aplicación de tres cargas idénticas para las clases C y D, no debe ser mayor que el valor absoluto del MPE para esa carga.

5.5 Variación permitida entre resultados bajo condiciones de referencia

5.5.1 Creep

La diferencia entre la lectura inicial tomada en el momento de aplicación de una carga máxima ($D_{m\acute{a}x}$), de un valor de entre el 90 % al 100 % de $E_{m\acute{a}x}$, y de cualquier otra lectura obtenida durante los próximos 30 minutos en que la carga se continuará aplicando, no debe exceder 0,7 veces el valor absoluto del MPE para la carga aplicada.

Si el fabricante ha declarado algún valor para el factor de distribución p_{LC} , no debe ser tenido en cuenta ya que el MPE para el creep se debe determinar a partir de la Tabla 4, utilizando el factor de distribución, $p_{LC} = 0,7$.

La diferencia entre la lectura obtenida a los 20 minutos de exposición a la carga (90 % al 100 % de $E_{m\acute{a}x}$) y la lectura obtenida a los 30 minutos de exposición a esa misma carga (90 % al 100 % de $E_{m\acute{a}x}$) no deberá exceder 0,15 veces el valor absoluto de MPE.

Ejemplo 1:

Celda de carga Clase: C3 (declarado por el fabricante)

Factor de distribución: $p_{LC} = 0,7$ (declarado por el fabricante)

Carga aplicada: $D_{m\acute{a}x} = E_{m\acute{a}x}$ (especificación de ensayo)

Diferencia máxima entre lecturas = $0.7 \times (0.7 \times 1.5 v) = 0.735 v$

Ejemplo 2:

Celda de carga Clase: C3 (declarado por el fabricante)

Factor de distribución: $p_{LC} = 0,7$ (declarado por el fabricante)

Carga aplicada: $D_{m\acute{a}x} = E_{m\acute{a}x}$ (especificación de ensayo)

Diferencia máxima con la lectura inicial = $0.15 \times (0.7 \times 1.5 v) = 0.1575 v$

N. de T.: los ítems "Diferencia máxima..." están intercambiados en los ejemplos 1 y 2.

5.5.2 Retorno a cero (DR) (ver 3.5.10)

La diferencia entre la lectura inicial de la indicación de la carga mínima $D_{m\acute{i}n}$ y la lectura de la misma al finalizar el ensayo de Creep (5.5.1), no debe exceder la mitad del valor de la división de verificación de la celda de carga (0.5 v).

Nota: se debe tener en cuenta que DR es el valor del retorno a cero expresado en unidades de masa (g, kg, t). DR debe ajustarse a un valor expresado en divisiones de verificación de la celda de carga v.

5.6 Magnitudes de influencia (condiciones nominales de operación)

Las celdas de carga se deben evaluar bajo las condiciones especificadas en 5.6.1–5.6.3. Si el solicitante de la evaluación de la celda de carga, requiere la realización de otros ensayos bajo condiciones que difieran de las especificadas en 5.6.1–5.6.3, debe requerirlos, entonces la evaluación se realizará incluyendo ensayos especiales adicionales. Estos ensayos especiales se realizarán además de los ya establecidos, pero no en lugar de los que se especifican bajo las condiciones indicadas en 5.6.1–5.6.3.

Las celdas de carga que poseen funciones, que realizan típicamente los instrumentos completos, pueden requerir su evaluación según requerimientos adicionales, contenidos en otras Recomendaciones OIML para ese tipo de instrumentos completos. Esas evaluaciones adicionales están fuera del alcance de esta Recomendación (ver 2.3 y Figura 2).

5.6.1 Temperatura

5.6.1.1 Límites de temperatura

Excluyendo los efectos de la temperatura en la salida de la celda para la carga muerta mínima, la celda de carga debe funcionar dentro de los límites de error en 5.3.2. en el rango de temperatura de -10 °C a $+40\text{ °C}$, a menos que se especifiquen otros valores como en 5.6.1.2.

Nota: la legislación nacional podría prescribir límites de temperatura alternativos, por fuera del rango especificado más arriba, por considerarlos apropiados para las condiciones climáticas y ambientales locales, que puede prever.

5.6.1.2 Límites especiales

Las celdas de carga, para las cuales se especifican límites particulares de temperatura de trabajo, deben satisfacer dentro de esos rangos, las condiciones definidas en 5.3.2. La extensión de esos rangos, debe ser al menos:

5 °C para celdas de carga de clase A;

15 °C para celdas de carga de clase B;

30 °C para celdas de carga de clases C y D.

5.6.1.3 Efecto de temperatura sobre la salida para la carga muerta mínima

La salida para la carga muerta mínima de la celda de carga, dentro del rango de temperatura que se especifica en 5.6.1.1. ó 5.6.1.2, no debe variar en un valor mayor a $p_{LC} \times v_{\min}$ para cualquier cambio en la temperatura ambiente de:

2 °C para celdas de carga de clase A;

5 °C para celdas de carga de clases B, C y D.

5.6.2 Presión barométrica

La salida de la celda de carga no debe variar, en un valor mayor a la división de verificación mínima v_{\min} , para cualquier cambio incremental en la presión barométrica equivalente a 1 kPa.

5.6.3 Humedad

En lo que respecta a las condiciones de humedad, esta recomendación define tres clases de humedad: CH (humedad cíclica como estándar), NH (sin humedad), y SH (humedad en régimen permanente). En el caso de la clase NH o SH, se debe marcar en la celda de carga la designación de clase. En el caso de la clase CH, no es obligatorio el marcado de la designación de la clase relativa a la humedad.

5.6.3.1 Error debido a la humedad –celdas de carga con marca CH o con ningún símbolo de humedad marcado

Este requerimiento es solo aplicable a celdas de carga marcadas CH o sin ningún símbolo de humedad marcado y no es aplicable a celdas de carga marcadas NH o SH.

La influencia de la exposición a los ciclos de temperaturas, especificados en R 60-2, 2.10.5.12, en la salida de la celda de carga para la carga mínima, no debe ser mayor que el 4 % de la diferencia entre la salida a capacidad máxima E_{\max} , y aquella para la carga muerta mínima E_{\min} .

La influencia de la exposición a los ciclos de temperatura especificados en in R 60-2, 2.10.5.12 en la salida de la celda de carga para la carga máxima, no debe ser mayor que la división de verificación v de la celda de carga.

5.6.3.2 Error debido a la humedad- celdas de carga marcadas SH

Este requisito se aplica solamente a celdas de carga marcadas SH y no es aplicable a celdas de carga marcadas NH o CH, o a aquellas que no estén marcadas con símbolos de humedad.

Una celda de carga debe cumplir con el MPE aplicable a la carga aplicada, como se especifica en la Tabla 4, cuando se expone a condiciones de variaciones de humedad relativa, como se especifica en R 60-2, 2.10.6.11.

5.7 Requisitos para celdas de carga analógicas-activas y celdas de carga digitales

5.7.1 Requisitos generales

Además de los otros requisitos de esta Recomendación, las celdas de carga analógicas-activas deben cumplir con los siguientes requerimientos. El MPE debe determinarse utilizando el factor de distribución p_{LC} que debe ser mayor o igual a 0,7 y menor o igual a 0,8 ($0.7 \leq p_{LC} \leq 0.8$), sustituido por el p_{LC} declarado por el fabricante y aplicado al resto de los requisitos.

Si una celda de carga digital, equipada con otros procesadores de datos (3.1.3.4), está configurada con funciones electrónicas sustanciales adicionales (por ejemplo: pantalla de indicaciones, contador de frecuencia) que son típicas de un instrumento electrónico de pesar, puede considerarse ajena al alcance de esta Recomendación y la celda de carga podría necesitar ser sometida a evaluaciones

adicionales, según requerimientos comprendidos en otras recomendaciones OIML aplicables a instrumentos de pesar.

5.7.1.1 Fallas

Una celda de carga analógica-activa debe ser diseñada y fabricada de tal manera que cuando esté expuesta a perturbaciones eléctricas o:

- a) No se generen fallas significativas; o
- b) Se detecten fallas significativas y se actúe sobre ellas.

Si ocurren fallas significativas, y la celda de carga está equipada con la inteligencia para detectar y actuar contra estas fallas, mediante el instrumento del que forma parte, el informe y acción en relación a estas fallas, se evaluará bajo la Recomendación apropiada del instrumento completo.

Los mensajes de fallas significativas, no deben confundirse con otros mensajes mostrados.

Nota: se permite un valor de falla que sea igual o menor a la división de verificación mínima de la celda de carga V_{\min} .

5.7.1.2 Hechos resultantes de fallas significativas

Cuando se detecten fallas significativas se debe verificar una de las dos situaciones siguientes:

- la celda de carga dejará automáticamente de ser operativa, o
- se generará de manera automática una salida, que indique que se ha producido una falla. Esta salida deberá estar activa hasta que la falla se haya resuelto.

5.7.1.3 Durabilidad

La celda de carga deberá ser adecuadamente durable, para que se puedan cumplir los requisitos de esta Recomendación, que están relacionados con el uso apropiado de la misma.

5.7.1.4 Cumplimiento de requerimientos

Se asume que una celda de carga analógica-activa cumple con los requerimientos de 5.7.1.1 y 5.7.1.3, si aprueba los ensayos especificados en 5.7.2 y R 60-2, 2.10.7.

5.7.1.5 Aplicación de los requisitos de 5.7.1.1

Los requerimientos de 5.7.1.1 pueden aplicarse de manera separada, a cada hecho individual o falla significativa.

La elección de la aplicación de 5.7.1.1 a) o de 5.7.1.1 b), la debe realizar el fabricante.

5.7.2 Magnitudes de influencia

5.7.2.1 Tiempo de calentamiento (puesta en régimen)

Durante el tiempo de puesta en régimen (definido por el fabricante), de una celda analógica-activa, no debe haber transmisión de resultados de medición.

5.7.2.2 Fuente de alimentación: red eléctrica (AC)

Una celda de carga analógica-activa cuya fuente de alimentación opera alimentada por la red eléctrica, debe diseñarse para cumplir con los requisitos metrológicos, para variaciones de la tensión de la red eléctrica desde -15% a $+10\%$ de la tensión de alimentación de la fuente especificada por el fabricante.

5.7.2.3 Fuente de alimentación: batería (DC)

Una celda de carga analógica-activa que opera alimentada a batería, debe: o bien continuar funcionando correctamente, o no proveer un resultado de medición, cuando la tensión se encuentre por debajo del valor especificado por el fabricante.

5.7.2.4 Variaciones máximas permitidas durante variaciones de voltaje

Todas las funciones deben operar tal como fueron diseñadas.

Todos los resultados de medición deben estar dentro de los errores máximos permitidos.

5.7.2.5 Perturbaciones

Cuando una celda de carga analógica-activa está sujeta a las perturbaciones especificadas en R 60-2, 2.10.7.5 a 2.10.7.10 (resumidas también en la Tabla 5), la diferencia entre la salida de la celda de carga debida a una perturbación y la salida sin la perturbación (sin falla), debe satisfacer las condiciones de 5.7.1.1.

Tabla 5 Factores de influencia y perturbaciones

Ensayo	Apartado R 60-2, 2.10 Procedimiento de ensayo	p_{LC}^*	Característica bajo ensayo
Tiempo de puesta en régimen	2.10.7.3	1,0	Factor de influencia
Variación de la tensión de alimentación	2.10.7.4		Factor de influencia
Reducciones de corta duración, de la tensión de alimentación	2.10.7.5		Perturbación
Ráfagas de tensión (Bursts-transitorios)	2.10.7.6		Perturbación
Ondas de choque (tensión transitoria aperiódica)	2.10.7.7		Perturbación
Descargas electrostáticas	2.10.7.8		Perturbación
Susceptibilidad electromagnética	2.10.7.9		Perturbación
Inmunidad a campos electromagnéticos conducidos	2.10.7.10		Perturbación
Estabilidad de la pendiente (span stability)	2.10.7.11		Factor de influencia

*Nota: Se debe usar $p_{LC} = 0,7$ para ensayos de factores de influencia en celdas de carga analógicas-activas.

5.7.2.6 Estabilidad de la pendiente (Span stability): requerimientos relativos a las variaciones máximas permitidas (no aplicable a celdas de carga de clase A)

Cuando se somete a una celda de carga analógica-activa al ensayo de estabilidad de la pendiente (span stability) especificado en R 60-2, 2.10.7.11, la variación en los resultados de la medida de la pendiente (span), no debe superar al mayor de los siguientes valores:

- media división de verificación de la celda de carga, o
- la mitad del valor absoluto de MPE (0,5 MPE) para la carga de prueba aplicada $D_{\text{máx}}$.

6 Requerimientos técnicos

6.1 Software

Se debe proveer un sellado mediante medios mecánicos, electrónicos y/o criptográficos, de manera tal que sea imposible o evidente, cualquier cambio que afecte la integridad metrológica del dispositivo.

Cualquier programa embebido (es decir firmware), que inflencie la salida de la celda de carga (cuentas no procesadas), debe ser evaluado bajo los términos de esta Recomendación.

Adicionalmente, si el software modifica el desempeño de la celda de carga, sin exceder las funciones de conversión analógica-digital y de linealización de la salida de la celda, entonces el mismo debe ser evaluado bajo los términos de esta Recomendación y de acuerdo a OIML D 31:2008 [8]. Cualquier otra función de un instrumento de pesar, debe ser evaluada siguiendo las Recomendaciones apropiadas para instrumentos de pesar.

Las funcionalidades de cualquier tipo de software que no estén cubiertas por esta Recomendación, (por ejemplo: funcionalidades de instrumentos de pesar), están fuera del alcance de esta Recomendación y por lo tanto no se evalúan por medio de la misma. Se podrían requerir evaluaciones adicionales, en relación a otros requerimientos comprendidos en la Recomendación aplicable de OIML para instrumentos de pesar.

Los requerimientos que son relevantes para la evaluación de celdas de cargas y que están considerados en OIML D 31:2008 [8] deben ser cumplimentados por la celda de carga, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Se requiere en general para celdas de carga, el nivel de severidad I que se evalúa con el procedimiento de validación A.
- b) Para el software legalmente relevante de celdas de carga digitales, se deben aplicar las consideraciones que siguen de acuerdo con OIML D 31 [8]:
 - 1- Se permite la excepción descrita en OIML D 31, 5.1.1 [8] para una huella o registro de la identificación del software.
 - 2- El nivel de conformidad con el modelo aprobado, de los dispositivos fabricados, debe verificar OIML D 31, 5.2.5 (apartado a) [8].
 - 3- La actualización en campo, del software legalmente relevante de una celda de carga, es posible por medio de una actualización verificada o trazable, de acuerdo con OIML D 31, 6.1.1 [8].
 - 4- La documentación del software debe incluir descripciones, de acuerdo con los requerimientos aplicables de OIML D 31, 6.1.1 [8].

Los procedimientos de validación se describen en OIML D 31, 6.4 [8].

6.2 Inscripciones y presentación de la información de la celda de carga

Se deben especificar para la/s celda/s de carga, los marcados de información técnica, que incluyan las clasificaciones de la celda de carga como se indica en 5.1.5

6.2.1 Marcados mandatorios en la celda de carga

Las marcas que se indican a continuación, deben figurar de manera obligatoria en la celda de carga y ser claras e indelebles. Cuando se usa una etiqueta o placa identificatoria, debe ser imposible su remoción sin que resulte dañada. *N. de T.: no figuraba en versión 2017*

- a) Nombre del fabricante o marca registrada
- b) Designación de modelo del fabricante o modelo de la celda de carga
- c) Número de serie
- d) Capacidad máxima como $E_{m\acute{a}x}$ = (en alguna de las siguientes unidades: g, kg, t)
- e) Año de fabricación
- f) Número de certificado OIML (si es aplicable) *N. de T.: no figura en versión 2021*
- g) Marca de aprobación de modelo (si es aplicable)

Si debido a limitaciones del tamaño de la celda de carga, fuera imposible aplicar sobre la celda, todo el marcado obligatorio, al menos deben figurar en la celda misma las siguientes identificaciones: nombre del fabricante o marca registrada, modelo de la celda de carga, número de serie y capacidad máxima.

El resto de la información obligatoria debe incluirse en un documento que acompañe la celda de carga y que proveerá el fabricante al usuario.

En el caso en que se entregue este documento, se debe incluir también, la información requerida en 6.2.2.

6.2.2 Información adicional obligatoria

La siguiente información obligatoria debe ser proporcionada al usuario por parte del fabricante, en un documento acompañando la celda de carga (o si el espacio lo permite, se puede marcar en la celda de carga). Cuando la información que se está proporcionando, está asociada con una unidad específica de medida, ésta también se debe indicar (g, kg, t).

- a) Nombre del fabricante o marca registrada
- b) Designación de modelo del fabricante o modelo de la celda de carga
- c) Clase/s de precisión, ver 6.2.4.1
- d) Tipo de carga, ver 6.2.4.2
- e) Temperatura de trabajo (cuando se requiere), ver 6.2.4.3
- f) Símbolo de humedad (cuando se requiere), ver 6.2.4.4
- g) Capacidad máxima expresada como: $E_{m\acute{a}x}$ =
- h) Carga muerta mínima expresada como: $E_{m\acute{i}n}$ =
- i) Carga límite segura expresada como: $E_{l\acute{i}m}$ =
- j) División de verificación mínima de la celda de carga expresada como: $v_{m\acute{i}n}$ = (o división de verificación mínima relativa de la celda de carga Y)
- k) valor del factor de distribución, p_{LC} , si no es igual a 0,7; y
- l) Otras condiciones pertinentes que se deben observar, para obtener el desempeño especificado (por ejemplo: características eléctricas de la celda de carga tales como salida nominal, impedancia de entrada, tensión de alimentación, detalle de los cables, torque de montaje, etc.).

6.2.3 Información adicional no obligatoria

Además de la información requerida en 6.2.2, la información que sigue se puede especificar opcionalmente:

- a) Para un instrumento de pesar (por ejemplo: un instrumento multi rango de acuerdo a OIML R 76 [1]), el valor relativo de v_{\min} , Y , en donde $Y = (E_{\max} - E_{\min}) / v_{\min}$ (ver 3.5.15);
- b) Para un instrumento de pesar (por ejemplo: un instrumento de multi intervalo de acuerdo a OIML R 76 [1]), el valor relativo de DR, Z , en donde $Z = E_{\max} - E_{\min} / (2 \times DR)$ (ver 3.5.14) y el valor de DR (ver 3.5.10) se ajusta al valor máximo permitido del retorno a cero de acuerdo a R 60-2, 2.10.1.
- c) Otra información que el fabricante considera necesaria o útil.

6.2.4 Marcado específico

6.2.4.1 Designación de clase de precisión

Las celdas de carga Clase A deben designarse con el carácter “A”, las de clase B con “B”, las de clase C con “C” y clase D con el carácter “D”.

6.2.4.2 Designación del tipo de carga aplicada a la celda de carga

La designación del tipo de carga aplicada a la celda de carga, se debe especificar cuando no es claramente aparente a partir de la construcción de la celda, utilizando los símbolos mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6 Símbolos para diferentes tipos de principios de transmisión de carga

Tracción	↑ ↓
Compresión	↓ ↑
Viga	↑ o ↓
Universal	↑ ↓ ↓ ↑

6.2.4.3 Designación por temperatura de trabajo

Los límites especiales de temperatura de trabajo, tal como fueron referidos en 5.6.1.2, se deben especificar cuando la celda de carga no puede funcionar dentro de los límites de error indicados de 5.3 a 5.6 en el rango de temperatura especificado en 5.6.1.1. En esos casos, los límites de temperatura se deben indicar en grados Celsius (°C).

6.2.4.4 Símbolos de humedad

- a) Una celda de carga que no está diseñada para cumplir con los criterios de desempeño evaluados bajo R 60-2, 2.10.5 o 2.10.6, debe estar marcada con el símbolo NH.

- b) Una celda de carga que se somete a evaluación y está diseñada para cumplir con los criterios de desempeño evaluados bajo R 60-2, 2.10.5, debe estar marcada con el símbolo CH o no tener ninguna marca de clasificación de humedad.
- c) Una celda de carga sometida a evaluación y fabricada para cumplir con los criterios evaluados bajo R 60-2, 2.10.6, debe estar marcada con el símbolo SH.

6.2.4.5 Número máximo de divisiones de verificación de la celda de carga

El número máximo de divisiones de verificación de una celda de carga, que corresponde a una clase de precisión, debe designarse en unidades reales (por ejemplo 3000) o, cuando se combina con la designación de la clase de precisión (ver 6.2.4.1) para generar un símbolo de clasificación (ver 5.1.6), deberá designarse en unidades de 1.000.