

## **CAPÍTULO VII:**

### **VERIFICACIÓN DE CÉLULAS DE CARGA.**

#### **7.1.-INTRODUCCIÓN.-**

El avance tecnológico experimentado en el campo de pesaje en las dos últimas décadas, ha venido motivado, en gran parte, por la aparición de la célula de carga como elemento fundamental en este sector; en la actualidad, la célula de carga está presente en todos los sistemas electrónicos de pesaje, habiéndose constatado un notable incremento en el rendimiento y fiabilidad de los equipos, así como la posibilidad de ampliación de su campo de aplicación.

Ello hace necesario que, desde el punto de vista metrológico, se establezcan los requisitos que estos elementos deben satisfacer para poder ser utilizados como componentes en los sistemas, equipos e instrumentos de medida relacionados con el pesaje.

En el presente capítulo abordaremos algunos de estos aspectos de cara a justificar la elaboración de un procedimiento específico para la verificación de células de carga, así como los aspectos fundamentales del mismo.

Como hemos dicho las células de carga son elementos fundamentales en el campo del pesaje industrial, es por esto, por la distinción entre masa y fuerza, por lo que, a pesar de que la verificación de las células de carga se realiza en el sistema de Calibración de Fuerza descrito en el Capítulo anterior (tal y como se puede observar en el gráfico de la figura 18), no se incluye en el mismo y se separa incluyendo este pequeño capítulo.

#### **7.2.- CÉLULAS DE CARGA. DEFINICIÓN**

Se denomina “*célula de carga*” a un *transductor de fuerza que después de haber tenido en cuenta los efectos de la aceleración de la gravedad y del empuje del aire en el lugar de utilización, mide una masa* convirtiendo la magnitud medida (masa) en otra magnitud (salida), que, como sabemos, normalmente suele estar expresada en unidades de tensión concretamente en mV/V, tal y como se vio a lo largo del apartado 4.5: *transductores basados en galgas extensiométricas* del que es aplicable todo lo referente a los fundamentos y principio de funcionamiento de este tipo de dispositivos, pues como

decimos, en lo que se refiere a estos aspectos, la célula de carga no difiere sustancialmente de un transductor de fuerza.



Figura 32: Células de carga

En el diseño de células de carga, el material, la geometría del elemento elástico, la magnitud y dirección de la carga son básicas para las propiedades de las células de carga, tales como las ya mencionadas, buena linealidad, baja histéresis, bajo creep, alta sensibilidad a la carga a medir e insensibilidad a fuerzas perturbadoras como fuerzas laterales, momentos flectores, pares etc.

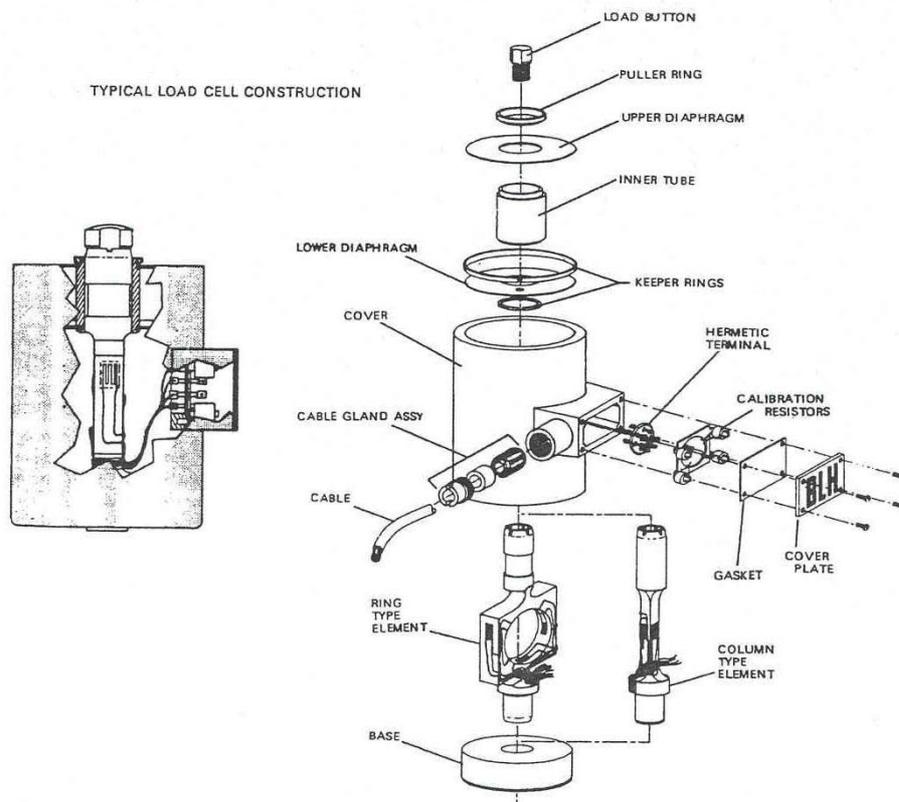


Figura 33: Esquema de Células de Carga

### 7.3.- INSTRUMENTOS DE PESAJE. APROBACIÓN DE MODELO-

Como ya se ha dicho, las células de carga forman parte esencial de los instrumentos de pesaje. Estos instrumentos están a menudo constituidos, por módulos tales como el indicador, la construcción mecánica y una o varias células de carga. Así pues, los exámenes de aprobación de modelo se realizan a menudo sobre los módulos representativos que pueden ser ensayados separadamente.

Como instrumento de pesaje, se *entiende todo aquel instrumento de medida que sirve para determinar la masa de un cuerpo, por medio de la acción de la fuerza de la gravedad sobre el mismo*. Teniendo en cuenta el modo de funcionamiento, un instrumento de pesaje puede ser clasificado como de funcionamiento automático o funcionamiento no automático, refiriéndonos tan sólo en este capítulo a estos últimos

Un *instrumento de pesaje de funcionamiento no automático* requiere la intervención de un operador mediante el proceso de pesada: por ejemplo, para poner o quitar la carga del plato receptor, con el objeto de determinar el peso de la misma. Los resultados de la pesada son leídos directamente a través de una pantalla, o a través de la impresión en papel de los mismos.

Este tipo de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático están sometidos a *control metrológico reglamentario*, existiendo a tal efecto diversas Ordenes Ministeriales que regulan dicho control en cada una de las fases definidas en el apartado 2.3.3

En lo que respecta a la fase de aprobación de modelo, existe toda una normativa legal para la verificación de este tipo de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (IPFNA), como por ejemplo la recomendación de la OIML R 76 y en norma europea EN 45501, que conciben a este tipo de instrumentos de forma “*modular*” tratando por separado la aprobación de cada uno de esos módulo. En lo que respecta al módulo “célula de carga” se tratan dos aspectos principales, a saber:

1. Aceptación general de células de carga incluyendo *dispositivos transmisores de carga y receptores de carga del conjunto del instrumento de pesaje*.
2. Aspectos prácticos de los *ensayos de células de carga* así como la información necesaria que se tiene que suministrar en los certificados de ensayo de las mismas. Para la realización de estos ensayos sobre las células de carga la Norma de referencia es la *OIML R 60*, como veremos posteriormente.

### 7.3.1.-Aceptación general de células de carga. Elementos mecánicos de los instrumentos de pesaje.-

Por un lado se aborda el tema de la aceptación general de las células de carga en los certificados de aprobación de modelo permitiendo que las células de carga con un certificado de ensayo sean usadas libremente en un instrumento de pesaje aprobado, sin rectificaciones formales a las aprobaciones de modelo existentes. Esta parte proporciona los requisitos y reglas para los cuales las células de carga, incluyendo los necesarios elementos mecánicos como *dispositivos transmisores de carga y receptores de carga*, pueden ser aceptadas generalmente en las aprobaciones de modelo de los instrumentos de pesaje. Esta información es especialmente relevante para los fabricantes de instrumentos de pesaje que estén interesados en certificados de aprobación de modelo que aporten la máxima flexibilidad en cuanto a células de carga y receptores de carga.

En cuanto a los *dispositivos de transmisión de carga* standard, como sabemos se pueden encontrar diferentes tipos de células de carga, entre las más habituales :

- Célula de carga a compresión.
- Célula de carga a tracción.
- Células de carga de flexión.
- Células de carga excéntricas o monoplato.
- Células de carga de doble cortadura.

Teniendo en cuenta que cada uno de estos tipos admite diversas configuraciones en cuanto la movilidad entre el punto de contacto entre la célula y el receptor de carga, utilizando, en función de ello, diversos dispositivos de montaje o transmisión.

Como muestra de ello presentamos algunos dibujos esquemáticos de las transmisiones de carga para células de carga a compresión y tracción del tipo columna :

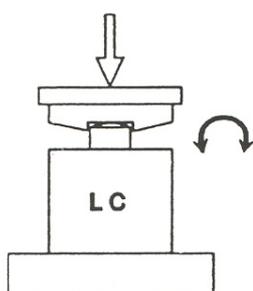


Figura 34.1: Medio péndulo

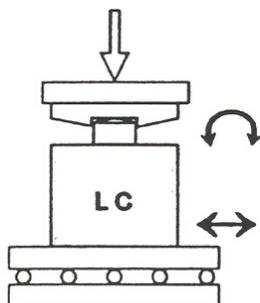


Figura 34.2.: Cojinete de bolas múltiple

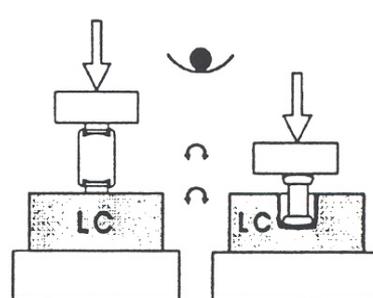


Figura 34.3.: Aplicaciones péndulo tipo anillo

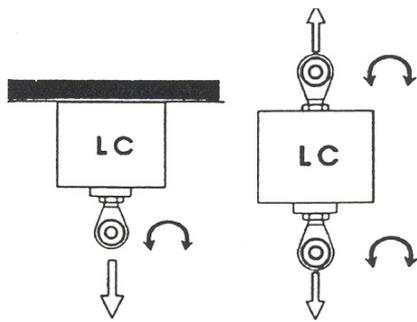


Figura 34.4: Células de carga a tracción con una y dos articulaciones respectivamente

Como vemos, la figura 34.1 muestra una construcción de péndulo realizada como una unidad completa, las figuras 34.2 y 34.3 muestran arandela balancín pendular externa combinadas con células de carga tipo anillos y la figura 34.4 muestra dos células de carga a tracción del tipo columna. con una y dos articulaciones respectivamente.

En cuanto a los *receptores de carga* podemos decir que igualmente existen gran diversidad de receptores de carga como son:

- Básculas puente.
- Básculas de plataforma .
- Básculas grúa
- Básculas de exterior en general

Mostramos a modo de ejemplo los esquemas de algunos receptores de carga considerados como habituales:



Figura 35.1: Receptores en foso



Figura 35.2: Receptores en sobresuelo

En cualquiera de estas u otras disposiciones la normativa define una serie de condiciones en cuanto a su construcción, que se deben cumplir para proceder a la aprobación de modelo del instrumento de pesaje en sí.

### 7.3.2.-Regulación metrológica de las células de carga.-

Por otro lado se abordan los aspectos prácticos de los ensayos de células de carga así como la información necesaria que se tiene que suministrar en los certificados de

ensayo de las mismas. Fundamentalmente está dirigida a los fabricantes de células de carga que estén interesados en certificados de ensayo. Es evidente que las células de carga, como módulos integrantes de instrumentos de pesaje requieren unos procedimientos de ensayos armonizados y un nivel común de información suministrada en los certificados de ensayo. En este sentido, la actual OIML R60 (Regulación metrológica de las células de carga) es la norma que fija la terminología a utilizar, las prescripciones técnicas y metrológicas de las células de carga y los ensayos a realizar en los controles metrológicos correspondientes a la aprobación de modelo.

Se basa en el principio, de que hay que considerar conjuntamente varios errores de la célula de carga cuando se aplican las características de funcionamiento de la célula de carga a la envolvente de error permitida.

Así pues, no se considera apropiado fijar límites de errores individuales para determinadas características (no-linealidad, histéresis, etc) sino introducir como factor de limitación el error total de envolvente permitido para una célula de carga.

La utilización del concepto de "envolvente de error" permite equilibrar contribuciones individuales al error total de medida, consiguiendo el resultado final pretendido.

Esta Recomendación Internacional pretende definir los ensayos a realizar de cara a la evaluación de aprobación de modelo, delimitando los errores máximos permitidos para los resultados de cada uno de los ensayos a realizar, que son:

- Ensayo 1: Ensayo con cargas crecientes-decrecientes.
- Ensayo 2: Determinación del creep y retorno de la señal de salida a carga mínima (DR).
- Ensayo 3: Determinación de los efectos de la presión barométrica.
- Ensayo 4: Determinación de los efectos de humedad.

Comentar que desde el punto de vista de la capacidad técnica, el Laboratorio no se encontraría en disposición de realizar los ensayos correspondientes a la determinación de los efectos de la presión barométrica o de humedad, por no contar para ello con las cámaras de presión y climáticas necesarias. De la misma forma, esta normativa determina que el ensayo 1 (ensayo de cargas creciente y decrecientes) debe ser realizado a temperaturas extremas de -10, 20 y 40 °C para poder determinar así el efecto de la

temperatura sobre la salida de la célula de carga que es otra de las comprobaciones a realizar.

En definitiva, los ensayos metrológicos correspondientes para la aprobación de modelo de una célula de carga, poseen una elevada complejidad y variedad, de forma que, el Laboratorio no puede plantearse el desarrollo de los mismos. Sin embargo, puesto que se cuenta con un Sistema de Calibración de Fuerza como el descrito en el apartado 6.4.2 se ha estimado conveniente en el seno del trabajo de Puesta en marcha del Laboratorio de Fuerza, la elaboración de un procedimiento específico de verificación de células de carga.

#### **7.4.-JUSTIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN DE CÉLULAS DE CARGA.-**

Como hemos dicho los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático están sometidos a *control metrológico reglamentario*. Pues bien, el Laboratorio donde se desarrollan estas prácticas de empresa se encuentra “*habilitado*” por la administración competente para la realización de este control metrológico reglamentario en su fases de verificación después de reparación o modificación y verificación periódica

Sin embargo, este control se refiere al IPFNA concebido en su totalidad como una unidad, abarcando todo el conjunto de módulos que lo constituyen como el receptor de carga, los dispositivos de transmisión de carga, dispositivos periféricos etc.. y entre los cuales se encuentra la célula de carga.

Este procedimiento de verificación está basado, por un lado en la realización de un examen administrativo y por otro de un examen metrológico.

En cuanto al examen metrológico, decir que está constituido por una numerosa serie de ensayos (comprobación de periféricos, repetibilidad, excentricidad, movilidad, sensibilidad, ensayo de la exactitud de los dispositivos de puesta a cero y de ajuste de tara...) todos ellos utilizando como patrones de verificación pesas o masas patrones que alcanzan valores nominales de 1000 Kg. Esta circunstancia implica un coste elevado pues se trata, obviamente de verificaciones realizadas “in situ” debiendo por tanto transportar dichas pesas patrones hasta el lugar de la verificación.

Por otro lado, la empresa, tal y como se comentó en el apartado correspondiente del Capítulo 1 dedicado a describir los antecedentes y justificar el presente proyecto, la actividad de la empresa se extiende a otros sectores distintos a los de la calibración y el

ensayo. Es en el ámbito de una de esas actividades que desarrolla la empresa, en la que son necesarios los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (IPFNA).

En definitiva, la empresa dispone de un elevado número de este tipo de instrumentos de pesaje, que obviamente también se encuentran sometidos a este tipo de control metrológico.

El resultado de la verificación de un IPFNA, se realizará por tanto en base a multitud de criterios tanto administrativos como metrológicos, cuando son los criterios metrológicos los que se evalúan como no conformes, se dispone de un plazo para subsanar las anomalías y solicitar una nueva verificación.

Pues bien, el objetivo de este procedimiento de verificación es dotar al Laboratorio de la herramienta adecuada para la verificación periódica de las células de carga *internas* de la empresa, de cara a estudiar el estado de las mismas y por tanto la idoneidad de su sustitución en los IPFNA cuya titularidad ostenta.

Este procedimiento por tanto constituye una herramienta de análisis que trata de aprovechar los medios del Laboratorio, utilizando el Sistema de Calibración de Fuerza, para realizar un mantenimiento preventivo de las células de carga de su propiedad.

En ningún caso, la pretensión de este procedimiento, es la de realización de ensayos de aprobación de modelo sobre células de carga, pues entre otros motivos, como hemos dicho en el apartado anterior, ni tan siquiera se posee la capacidad técnica necesaria para la realización de los ensayos y requisitos exigibles en la OIML R60, que como sabemos es la Recomendación Internacional en la que se basan las normativas nacionales de ensayos de aprobación de modelo para este tipo de instrumentos.

#### **7.5.- COMENTARIOS SOBRE EL PROCEDIMIENTOS DE VERIFICACIÓN DE CÉLULAS DE CARGA.-**

Sin embargo, la filosofía del procedimiento elaborado es, recoger de esta Recomendación Internacional, la terminología, y las prescripciones referentes a los procedimientos de ensayo para los cuales se posea capacidad técnica, así como evaluar el estado de la célula de carga sometida a ensayo, en base a los errores máximos permitidos definidos para cada uno de ellos en este documento OIML.

### 7.5.1.-Terminología.-

La terminología referente a este tipo de instrumentos es extensa tal y como se puede observar en el procedimiento específico elaborado, desataremos de entre todos, los siguientes términos:

- *Clase de exactitud:*

Clases de células de carga, las cuales están sujetas a las mismas condiciones de exactitud. Las células de carga se clasifican de acuerdo a sus cualidades de funcionamiento en cuatro categorías, cuyas designaciones son:

Clase A, Clase B, Clase C, Clase D

- *Número máximo de escalones de verificación de la célula de carga ( $n_{max}$ )*

El número máximo de escalones de la célula de carga en el que se puede dividir el rango de medida, para el cual el resultado de medida no debería verse afectado por un error que supere al error máximo permitido ( de ahora en adelante E.M.P).

Este número debe estar comprendido entre los límites fijados en la siguiente tabla, en función de la clase de exactitud de la que se trate:

	<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase C</b>
<b>Límite Inferior</b>	50000	5000	500	100
<b>Límite Superior</b>	limitado	100000	10000	1000

- *Carga mínima (muerta) ( $E_{min}$ ):*

Valor mas pequeño de la magnitud (masa), que puede aplicarse a una célula de carga sin exceder del error máximo permitido.

- *Alcance máximo ( $E_{max}$ ):*

El mayor valor de la magnitud (masa), que puede aplicarse a la célula de carga sin exceder del error máximo permitido.

- *Escalón de verificación de la célula de carga ( $v$ ):*

El escalón de la célula de carga, expresado en unidades de masa, utilizado en los ensayos de las células de carga para la clasificación en exactitud.

$$v = \frac{E_{\max}}{n_{\max}}$$

Para ilustrar, entre otros, los términos que acabamos de definir, concretamente los referentes a características de rangos y alcances de las células de carga, mostraremos el siguiente esquema:

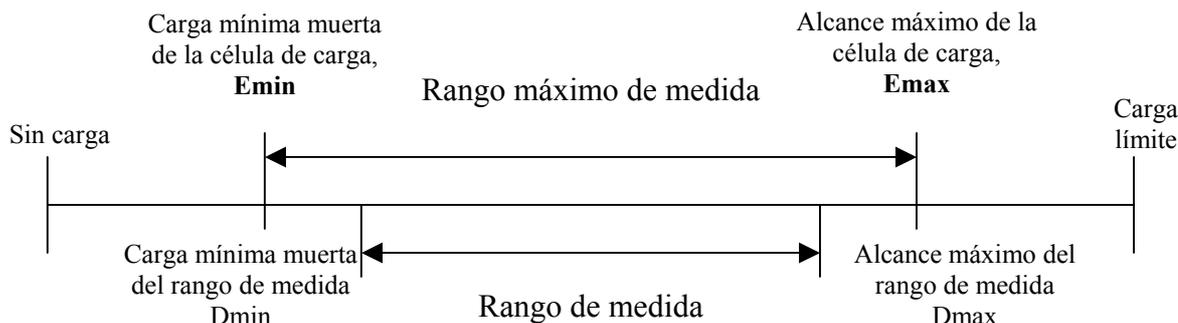


Figura 36: Esquema terminología célula de carga

En el que:

- Los términos que aparecen encima de la línea horizontal central son parámetros que viene fijados por el diseño de la célula de carga.
- Los términos que aparecen debajo de la línea son parámetros que son variables dependiendo de las condiciones de utilización o en los ensayos de la célula de carga.

### 7.5.2.-Ensayos a realizar.-

Como hemos dicho el procedimiento tan sólo contempla aquellos ensayos definidos en la OIML para los que se posee capacidad técnica, a saber:

- *Ensayo 1: Ensayo con cargas crecientes-decrecientes.-*

Como se puede observar en el procedimiento específico elaborado, este ensayo consiste en la realización de tres o cinco (en función de la clase metrológica de la célula de carga A, B, C o D) series de carga y descarga.

Una de las consideraciones a destacar durante la realización de este ensayo, es que la lectura de las indicaciones de la célula de carga debe hacerse, una vez transcurrido un intervalo de tiempo desde la iniciación de la aplicación o retirada de la carga, según proceda, de acuerdo a la siguiente tabla:

Cambio de carga		Tiempo
Mayor que	Hasta inclusive	
0 kg	10 kg	10 segundos
10 kg	100 kg	20 segundos
100 kg	1 000 kg	30 segundos
1 000 kg	10 000 kg	40 segundos
10 000 kg	100 000 kg	50 segundos
100 000		60 segundos

Además los tiempos de carga o descarga deben ser aproximadamente igual a la mitad del tiempo especificado. El tiempo restante debe ser utilizado para la estabilización

- *Ensayo 2: Determinación del creep y retorno de la señal de salida a carga mínima (DR).*

Se trata de un ensayo consistente básicamente, en aplicar y mantener la carga correspondiente al alcance máximo de la célula de carga anotando periódicamente en intervalos de tiempo de 2 minutos durante un periodo de 30 minutos la indicación de la misma, asegurándose que una lectura se toma a los 20 minutos para poder realizar la comprobación correspondiente al retorno de la señal de salida a carga mínima.

### 7.5.3.-Variaciones permitidas de los resultados.-

De los resultados en el primero de los ensayos se determinará la conformidad de la célula de carga bajo ensayo con:

- *Errores máximos permitidos de la célula de carga:*

Los errores máximos permitidos a la célula de carga para cada clase de exactitud (A, B, C o D), están ligados al número máximo de escalones de verificación y al valor real de escalón de verificación de la célula de carga ( $v$ ).

Los errores máximos permitidos para evaluación de modelo o verificación inicial son la fracción  $P_{LC}$  de los valores expresados en la columna de la izquierda de la tabla inferior. La fracción  $P_{LC}$  debe ser elegida por el fabricante y debe estar dentro del rango de 0,3 a 0,8 ( $0,3 \leq P_{LC} \leq 0,8$ ).

CLASE A (1)	CLASE B (2)	CLASE C (3)	CLASE D (4)	E.M.P	E.M.P ( $P_{Lc}$ )=0,7
$0 \leq m \leq 50000 \text{ v}$	$0 \leq m \leq 5000 \text{ v}$	$0 \leq m \leq 500 \text{ v}$	$0 \leq m \leq 50 \text{ v}$	$P_{Lc} * 0,5 \text{ v}$	0,35 v
$50000 \text{ v} < m \leq 200000 \text{ v}$	$5000 \text{ v} < m \leq 20000 \text{ v}$	$500 \text{ v} < m \leq 2000 \text{ v}$	$50 \text{ v} < m \leq 200 \text{ v}$	$P_{Lc} * 1,0 \text{ v}$	0,7 v
$200000 < m$	$20000 < m \leq 100000 \text{ v}$	$2000 < m \leq 10000 \text{ v}$	$200 < m \leq 1000 \text{ v}$	$P_{Lc} * 1,5 \text{ v}$	1,05 v

$m = \text{carga}$

El valor de  $P_{Lc}$  aparecerá en el certificado OIML de la célula de carga. Si el valor de  $P_{Lc}$  no está especificado en el certificado, entonces se asumirá que es 0,7.

Los errores máximos permitidos para una célula de carga pueden ser positivos o negativos y son aplicables para las cargas crecientes o decrecientes.

- *Error de repetibilidad*

La diferencia máxima entre los resultados obtenidos por cinco aplicaciones de una carga idéntica para clases A y B y de tres aplicaciones de una carga idéntica para clases C y D, no debe ser mayor que el valor absoluto del error máximo permitido para esa carga.

Mientras con los resultados obtenidos en el segundo de los ensayos de determinará la conformidad frente a los errores de:

- *Creep*

Para una carga constante del 90 % al 100 % del alcance máximo, aplicada a una célula de carga, la diferencia entre la primera lectura y cualquier otra lectura obtenida en los próximos 30 minutos, no debe exceder de 0,7 veces del valor absoluto del error máximo permitido para la carga aplicada. La diferencia entre la lectura obtenida a los 20 minutos y la lectura obtenida a los 30 minutos no debe exceder de 0,15 veces del valor absoluto del error máximo permitido.

- Retorno de la señal de salida para carga mínima (muerta)(DR)

La diferencia entre la primera lectura de la señal de salida a carga mínima después de descargar hasta la carga mínima y la lectura para la misma carga antes de la aplicación durante treinta minutos de una carga del 90 al 100 % del alcance máximo de la célula de carga, no debe exceder de la mitad del escalón de verificación de la célula de carga (0,5v).

#### 7.5.4.-Patrones de medida.-

En cuanto a los patrones de medida, la OIML R60, especifica literalmente, que *la incertidumbre de medida combinada del sistema generador de fuerza y del instrumento utilizado para obtener la señal de salida de la célula de carga sometida a ensayo debe ser inferior a un tercio del error máximo permitido para la célula de carga.*

En definitiva, la anterior afirmación delimita la incertidumbre del *sistema de calibración de fuerza, incertidumbre* denominada como Capacidad Óptima de Medida y que ha sido objeto de un cálculo incluido en el procedimiento específico: PEAM XX : *Caracterización del Sistema de Calibración de Fuerza.*

Como dijimos en el apartado 3.1.1. se trata este, de un requisito que suele estar especificado en este tipo de legislaciones y que trata de evitar la declaración de conformidad frente a unas especificaciones legales, de aquellos instrumentos cuya conformidad es dudosa.

En este sentido habrá que calcular la incertidumbre de medida del Sistema de Calibración de fuerza con el que se verifican las células (Capacidad Óptima de Medida) y comprobar, en cada caso si es o no inferior al error máximo permitido, que como sabemos es variable en función del valor de la carga.

Para analizar esto veamos un ejemplo:

Supongamos una célula de carga con las siguientes características:

$$E_{\max} = 7000 \text{ Kg} ; n_{\max} = 3000; \text{clase de exactitud} = C$$

Por tanto el escalón de verificación de la misma será:

$$v = \frac{E_{\max}}{n_{\max}} = \frac{7000}{3000} = 2,33 \text{ Kg}$$

Como sabemos, los errores máximos permitidos para ese tipo de células son:

CLASE C (3)	E.M.P (P <sub>LC</sub> )=7
0 ≤ m ≤ 500 v	0,35 v
500 v < m ≤ 2000 v	0,7 v
2000 < m ≤ 10000 v	1,05 v

Una vez hallado el valor del escalón de verificación (v) podemos expresar esos límites de error tanto en unidades de masa (Kg) como en unidades de Fuerza (KN),

utilizando, para este ejemplo, el valor de la gravedad como 9,81, en lugar del valor de la aceleración de la gravedad local :

CLASE C (3)	E.M.P ( $P_{LC}$ )=7
0Kg<=m<=1165 Kg	0.8155 Kg
1165 Kg <m<=4660 Kg	1,631 Kg
4660 Kg< m <=23300 Kg	2,446 Kg

CLASE C (3)	E.M.P ( $P_{LC}$ )=7
0KN<=m<=11,428 KN	0,008 KN
11,428 KN <m<=45,714 KN	0,01602 KN
45,714 KN < m <=228,573 KN	0,02403 KN

En base a su alcance, para verificar la célula de carga en cuestión se debería utilizar el transductor patrón de fuerza de 100 KN de capacidad nominal junto con su indicador asociado.

- La incertidumbre del Sistema de Calibración de Fuerza se puede obtener en la hoja de cálculo correspondiente (HC COM 100KN C), y en la que, si seleccionamos mV/V como unidad de trabajo del sistema y definimos un rango de aproximación de 0,00001 mV/V, obtenemos, para cada escalón de carga, las siguientes incertidumbres:

Fuerza (KN)	Incertidumbre relativa expandida (%)
10	0,035
20	0,021
30	0,016
40	0,014
50	0,011
60	0,009
70	0,008
80	0,007
90	0,007
100	0,006

Con estos valores, para un escalón de carga de, por ejemplo 10 KN, la incertidumbre de medida del sistema de generación de cargas es del 0,035 % ( $3,5 \cdot 10^{-3} \text{KN}$ ) que, debería ser inferior a la tercera parte del error máximo permitido para ese escalón de carga que es de  $0,008/3=0,0026 \text{ KN}$  y como vemos no cumple dicha condición.

Sin embargo, en la misma verificación, en aquellos escalones de carga comprendidos entre 11,42 KN y 45,71 KN el e.m.p es de 0,016023 KN, con lo que, para un escalón de, por ejemplo 20 KN, la incertidumbre de medida del sistema de generación de cargas es del 0,021 % ( $4,2 \cdot 10^{-3} \text{KN}$ ) que es

inferior a la tercera parte de el e.m.p para ese escalón de carga que es de  $5,34 \cdot 10^{-3} \text{KN}$ .

En conclusión, no se puede decir que el sistema de generación de fuerzas no sea apto para la verificación de células de carga, a pesar de que como se observa en el ejemplo ni configurando el sistema de calibración de fuerza con aquellos parámetros que proporcionan una menor incertidumbre se consigue satisfacer la limitación referente a la incertidumbre patrón. Dependerá en todo caso del valor del escalón de verificación, de la clase de exactitud y del resto de parámetros que acabamos de tener en cuenta en el anterior ejemplo. En cualquier caso, como medida preventiva, tras la verificación de la célula de carga, en aquellos puntos en los que se compruebe no se satisface esta condición en la limitación del instrumento patrón, se comprobará que, el valor medido más la incertidumbre de medida no supera el error máximo permitido en dicho escalón aunque el valor medido en si mismo caiga dentro de la tolerancia, tal y como se especificó en el apartado 3.5.3.