

Fuente :Diario Oficial de la Federación

NOM-012-NUCL-1995

**NORMA OFICIAL MEXICANA, REQUERIMIENTOS Y CALIBRACION DE MONITORES
DE RADIACION IONIZANTE.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.

La Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con fundamento en los artículos 33 fracción X de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracción II, 40 fracción I, 46 fracción II y 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 1, 4, 18 fracción III, 19, 21, 26, 32 y 50 fracciones I, II, III, X, XI y XII de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear; 1, 2, 3, 4, 135, 137, 138, 139, 140, 141 y 143 del Reglamento General de Seguridad Radiológica, y

CONSIDERANDO

Que el Plan Nacional de Desarrollo plantea diversas estrategias prioritarias entre las que destacan: dar gran impulso al desarrollo de la metrología, las normas y los estándares; consolidar e integrar la normatividad en materia de protección ambiental y estimular la actualización y difusión de tecnologías limpias.

Que la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear establece que el Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Energía, regulará la seguridad nuclear, la seguridad radiológica, la seguridad física y las salvaguardias, así como vigilará el cumplimiento de tales regulaciones.

Que las reformas a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 28 de diciembre de 1994, delimitaron las facultades de la nueva Secretaría de Energía, a cuyo cargo corre la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad nuclear y salvaguardias, incluyendo lo relativo al uso, producción, explotación, aprovechamiento, transportación, importación y exportación de materiales radiactivos.

Que con el fin de implantar adecuadamente las medidas de protección radiológica, es necesario establecer los requisitos mínimos para efectuar apropiadamente la calibración de los monitores de radiación ionizante, expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-012-NUCL-1995, REQUERIMIENTOS Y CALIBRACION DE MONITORES DE RADIACION IONIZANTE.

Para estos efectos, esta Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 10 de enero de 1997.- El Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, **Miguel Medina Vaillard**.- Rúbrica.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-012-NUCL-1995, REQUERIMIENTOS Y CALIBRACION DE MONITORES DE RADIACION IONIZANTE.

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana participaron las siguientes instituciones y organismos:

SECRETARIA DE ENERGIA

- Dirección General de Recursos Energéticos y Radiactivos
- Dirección General de Asuntos Jurídicos

SECRETARIA DE SALUD

- Dirección General de Salud Ambiental
- Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios
- Dirección General de Control de Insumos para la Salud

SECRETARIA DE GOBERNACION

- Dirección General de Protección Civil

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA

Instituto Nacional de Ecología

- Dirección General de Residuos, Materiales y Riesgo

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

- Gerencia de Centrales Nucleoeléctricas

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
• Gerencia de Investigación Aplicada de Procesos, STI
SOCIEDAD NUCLEAR MEXICANA, A.C.
SOCIEDAD MEXICANA DE SEGURIDAD RADIOLOGICA, A.C.

INDICE

0. INTRODUCCION
1. OBJETIVO
2. CAMPO DE APLICACION
3. REFERENCIAS
4. DEFINICIONES
5. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS
6. REQUERIMIENTOS
7. INSPECCION
8. CALIBRACION
9. CONCORDANCIA
 APENDICE A (NORMATIVO)
 APENDICE B (INFORMATIVO)
10. BIBLIOGRAFIA
11. OBSERVANCIA

0. Introducción

Los monitores de radiación se utilizan, principalmente, para tomar lecturas de la rapidez de exposición que existe en una determinada área, con objeto de tomar las medidas de protección radiológica adecuadas para reducir al mínimo la exposición del personal que maneja material radiactivo y población en general.

1. Objetivo

Establecer los requisitos para efectuar la calibración de monitores de radiación ionizante y los requerimientos mínimos de infraestructura de los prestadores del servicio de calibración de estos monitores.

2. Campo de aplicación

La presente Norma se aplica sólo en la calibración de los monitores de radiación empleados en Protección Radiológica para uso en campos de radiación gamma, con una rapidez de exposición hasta de 1000 mR/h y energías menores de 1.5 MeV.

Las unidades empleadas en esta Norma son las que se tienen en la gran mayoría de los monitores de radiación existentes en el territorio nacional. Los monitores de radiación que tengan escalas en unidades del Sistema Internacional, se deben calibrar con las equivalencias correspondientes.

3. Referencias

Para una mejor comprensión de la presente Norma debe consultarse la siguiente Norma Oficial Mexicana vigente: NOM-008-SCFI-1993. Sistema General de Unidades de Medida.

4. Definiciones

Para efectos de la presente Norma se entiende por:

Calibración

Ajustar la respuesta de un monitor de radiación, dentro de su intervalo de operación, a valores conocidos de rapidez de exposición.

Campo de Radiación

Región en el espacio en donde se localiza la radiación.

Centro Efectivo del Detector

Punto ideal dentro de un detector que produce en el monitor de radiación la misma respuesta que se produciría si el detector completo fuese colocado en el mismo punto.

Certificado de Calibración

Documento emitido por un prestador de servicios autorizado por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, en el cual se asienta el resultado de la calibración realizada al monitor de radiación.

Detector

Parte integrante de un monitor de radiación que produce una señal eléctrica al recibir radiación ionizante.

Errores

Variaciones en los valores obtenidos con el monitor de radiación debidas a variaciones asociadas con la fuente de calibración, posicionamiento del detector y la lectura.

Error Global

El resultante al considerar todas las contribuciones de los errores relativos asociados con las magnitudes que intervienen en el proceso de calibración.

Error Relativo

Relación entre el error de una magnitud y el valor de ésta.

Exactitud

Grado de concordancia entre el valor medido y el valor real del parámetro a medir.

Factor de Calibración

Factor obtenido como la razón entre el valor esperado de una rapidez de exposición y la lectura promedio proporcionada por un monitor de radiación para un mismo arreglo fuente-detector.

Fuente de Calibración

Fuente radiactiva certificada con trazabilidad a un laboratorio primario o secundario, nacional o internacional.

Fuente de Prueba

Fuente radiactiva, no necesariamente calibrada, que es usada para confirmar la operación satisfactoria de un monitor de radiación.

Linealidad

Característica de un instrumento cuyas lecturas son directamente proporcionales con los valores del parámetro que se mide.

Mesa de Calibración

Montaje en el cual se coloca la fuente de calibración y el monitor de radiación a distancias seleccionables y reproducibles.

Monitor de Radiación

Equipo utilizado para cuantificar la rapidez de exposición en un campo de radiación ionizante, X o gamma.

Radiación de Fondo

Radiación natural del medio ambiente, proveniente de los rayos cósmicos y de los elementos radiactivos naturales, incluyendo los que forman parte del detector, de su material de blindaje y del contenedor de la muestra.

Precisión

Grado de concordancia entre varias medidas obtenidas con un instrumento bajo las mismas condiciones de medición.

5. Símbolos y abreviaturas

Cs-137 Radionúclido de Cesio con número de masa atómica 137.

Co-60 Radionúclido de Cobalto con número de masa atómica 60.

Aa: Actividad actual, es la actividad de la fuente de calibración a la fecha de calibración del monitor, Bq (mCi).

Ac: Actividad de la fuente de calibración a la fecha de certificación, Bq (mCi).

d: Distancia Fuente-Detector, m.

di : Distancia de calibración, m.

da: Distancia a la que se tiene el valor de \dot{X} a, m.

L: Lectura de la rapidez de exposición.

Lv: Valor esperado de la rapidez de exposición, obtenido por cálculo.

Lp: Valor promedio de varias lecturas obtenidas en las mismas condiciones con un monitor.

T: Vida Media del radioisótopo de la fuente (días).

t: Tiempo transcurrido de la fecha de certificación de la fuente de calibración a la fecha de calibración del monitor (días).

- **X_a:** Rapidez de Exposición actual, es la rapidez de exposición en la fecha de calibración, a una distancia especificada fuente-detector (mR/h).
- **X_c:** Rapidez de Exposición a la fecha de certificación de la fuente de calibración, a una distancia especificada fuente-detector (mR/h).
- **X_i:** Rapidez de Exposición correspondiente a 1/3 y 2/3 de cada escala del monitor (mR/h).
- δA:** Error asociado con la actividad de la fuente de calibración.
- δd:** Error asociado con el posicionamiento fuente-detector.
- δL:** Error en la lectura.
- λ :** Constante de decaimiento, $\lambda = 0,693/T$, (días-1).
- Γ :** Constante de Exposición específica del radioisótopo (R m2/h Ci).

6. Requerimientos

La calibración de monitores de radiación requiere de personal calificado, local, instalaciones y procedimientos adecuados y al menos una fuente de calibración.

7. Inspección

Antes de la calibración se debe realizar una inspección del monitor de radiación para encontrar las posibles anomalías físicas y eléctricas.

7.1 Inspección Física.

Las anomalías de aspecto físico pueden ser causa de errores sistemáticos o aleatorios en el funcionamiento del monitor de radiación. Algunas de estas anomalías pueden ser, entre otras:

- a) Golpes en el detector;
- b) Rotura de la ventana del detector;
- c) Golpes en el cuerpo del monitor;
- d) Carátula dañada;
- e) Cable defectuoso del detector;
- f) Baterías con fuga de electrolito;
- g) Oxido en los bornes de contacto de las baterías;
- h) Interruptor de encendido o de selección de escala golpeado;
- i) Perillas faltantes.

7.2 Inspección Eléctrica.

Las anomalías de este tipo pueden ser, entre otras:

- a) Baterías agotadas;
- b) Falsos contactos en los controles del monitor;
- c) Aguja de la carátula oscilando, obstruida o doblada;
- d) Respuesta intermitente del monitor.

Las anomalías de este tipo se deben evidenciar observando la respuesta del monitor a una fuente de prueba, de muy baja actividad, que se utiliza para comprobar que el monitor está en condiciones adecuadas para detectar la radiación, pero no para efectuar una calibración del mismo.

8. Calibración

8.1 La calibración tiene como objetivo realizar los ajustes necesarios en el monitor de radiación para que su funcionamiento normal cumpla con las especificaciones técnicas del fabricante. Para ello, es necesario que se cumplan los siguientes requisitos previos:

- a) El monitor debe contar con su manual completo de servicio, que incluye los diagramas eléctricos y la respuesta del monitor en función de la energía.
- b) El monitor debe estar libre de contaminación radiactiva, lo cual se puede determinar comparando los niveles de radiación de fondo del lugar con las lecturas que proporcione el monitor.
- c) El indicador de la carátula debe estar ajustado a cero o al valor indicado por el fabricante, de acuerdo a las instrucciones del manual de servicio.

- d) Todos los parámetros eléctricos del monitor, tales como el alto voltaje del detector, tiempo de muestreo en instrumentos de lectura digital, tiempo de estabilización térmica para operación normal y tipo de baterías, entre otros, deben establecerse previamente, de acuerdo a las especificaciones técnicas del manual de servicio.

8.2 En general, la calibración de los monitores de radiación debe efectuarse al menos una vez al año y después de haberse reparado o ajustado, a excepción de lo que se establezca en otras normativas.

8.3 Todas las escalas hasta de 1 R/h deben ser calibradas, a fin de mantener las exposiciones al personal tan bajas como razonablemente pueda lograrse. Las escalas superiores a 1 R/h no requieren calibrarse a menos que vayan a ser utilizadas.

8.4 La calibración de los monitores de radiación debe efectuarse observando las precauciones siguientes:

- Durante la calibración debe estar presente, exclusivamente, la fuente de calibración en el área de trabajo.
- La temperatura ambiente del área de trabajo debe estar en el intervalo de temperatura normal de operación del monitor especificado por el fabricante. Para casos especiales, la calibración se debe realizar en las condiciones ambientales que predominen en su uso normal.
- Para reducir el efecto de dispersión de la radiación causada por los materiales de construcción del área donde se realice la calibración, es necesario asegurar que la distancia de la fuente de calibración y del detector al piso, techo y paredes, sea por lo menos de 1 m.

8.5 Fuente de Calibración.

Para efectuar la calibración se debe contar con una fuente de calibración dentro de un 5% de exactitud respecto a los patrones radiactivos de un laboratorio primario o secundario, nacional o internacional.

Las fuentes radiactivas de Cs-137 y Co-60 se consideran apropiadas para efectuar calibraciones, ya que sus energías están dentro del intervalo de interés y la respuesta a estas energías es semejante en la mayoría de los monitores de radiación. Sin embargo, se debe conocer la respuesta de cada monitor específico en el intervalo de energía mencionado, para aplicar el factor de corrección correspondiente al usar el monitor en campos de radiación con energías diferentes a las de la fuente de calibración utilizada.

8.6 Posicionamiento Relativo Fuente-Detector.

Para lograr la repetibilidad en las lecturas obtenidas con diferentes posicionamientos relativos fuente-detector, se debe contar con: instrumentos calibrados para medir distancias lineales dentro del 1% de exactitud y con una escala máxima que incluya todas las distancias elegidas entre la fuente y el detector. La distancia mínima que se utilice debe ser tal que la fuente de calibración y el detector se puedan considerar puntuales, para lo cual se requiere que la dimensión máxima de la fuente de calibración y del detector sean menores al 20% de la distancia entre ellos. La distancia debe medirse entre los centros de masa de la fuente de calibración y del detector.

8.7 Medición de la lectura.

Las lecturas proporcionadas por el monitor de radiación en cada uno de los puntos de las escalas a calibrar, deben estar dentro de un **¡Error! No se encuentra la fuente de la referencia.** 10% del valor calculado de la rapidez de exposición.

8.8 Procedimiento de Calibración.

Para efectuar la calibración de los monitores de radiación se puede utilizar el procedimiento que se describe a continuación:

8.8.1 Calcular la Actividad Actual de la fuente de calibración en función del tiempo de decaimiento, contado desde la fecha de certificación, empleando la relación:

$$A_a = A_c e^{-\lambda t}$$

Con este valor de A_a , calcular con la fórmula:

$$d_i = \left(\frac{\Gamma A_a}{\dot{X}_i} \right)^{1/2}$$

dos distancias, d_i , para cada escala del monitor, para las cuales la fuente de calibración produzca una rapidez de exposición que corresponda, respectivamente, a 1/3 y 2/3 del valor máximo de cada escala a calibrar. Las distancias mínimas que se utilicen deben ser tales que la fuente de calibración y el detector se puedan considerar puntuales.

8.8.2 Si el certificado de la fuente de calibración incluye la rapidez de exposición para una distancia específica o una gráfica que relaciona rapidez de exposición en función de la distancia, la rapidez de exposición actual a la distancia especificada se calcula con la relación:

$$\dot{X}_a = \dot{X}_c e^{-\lambda t}$$

y con la expresión:

$$d_i = d_a \left(\frac{\dot{X}_a}{\dot{X}_i} \right)^{1/2}$$

se calculan las dos distancias para cada escala del monitor que correspondan a 1/3 y 2/3 del valor máximo de cada escala a calibrar.

8.8.3 Para calibrar cada escala se coloca el monitor en la mesa de calibración, frente a la fuente de calibración, a una de las dos distancias calculadas y se obtienen por lo menos tres lecturas de la rapidez de exposición correspondiente, con las cuales se obtiene un valor promedio representativo de la rapidez de exposición para la distancia seleccionada. Se repite esta operación para la segunda distancia calculada y a los valores promedios obtenidos se les aplica el factor de calibración FC, que se calcula de la siguiente manera:

$$FC = LV/LP$$

Si los factores de calibración en los dos puntos de la escala no están dentro del 20% del valor especificado por el fabricante para el detector y la energía de la fuente de calibración empleados, el monitor se debe reparar electrónicamente.

Las distancias a las que se coloca el detector, así como los valores de rapidez de exposición esperados y obtenidos con el monitor y los factores de calibración resultantes, se pueden registrar en un formato como el presentado en el Apéndice B (Informativo). En este formato también se incluyen los datos de la fuente de calibración, fecha y nombre del responsable de la calibración.

8.9 Errores.

Es importante minimizar los errores asociados con la calibración de un monitor de radiación. Las fuentes principales de errores están asociadas con el error en la actividad de la fuente de calibración δA , con el error de posicionamiento relativo fuente-detector δd , y el error en las lecturas del monitor δL .

El error global (%) se determina por la relación:

$$d = ((\delta A/A)^2 + 4(\delta d/d)^2 + (\delta L/L)^2)^{1/2} * 100$$

donde $(\delta A/A)$, $(\delta d/d)$ y $(\delta L/L)$ son los errores relativos asociados con la actividad especificada por el fabricante de la fuente de calibración, con el posicionamiento y con el error en la lectura, respectivamente.

El error global aceptado en la calibración de monitores de radiación es del $\pm 20\%$.

8.10 Registro de los Resultados de la Calibración.

8.10.1 Los resultados de las mediciones deben registrarse en un cuaderno de reporte o registro con las indicaciones siguientes:

- a) Marca, modelo y número de serie del monitor calibrado;
- b) Fecha de calibración, actividad y rapidez de exposición a una distancia dada de la fuente de calibración;
- c) Responsable de la calibración;
- d) Factor de calibración obtenido y fecha de calibración;
- e) Procedimiento empleado.

8.10.2 La fecha de calibración, así como el factor de calibración de cada escala y la energía de la radiación gamma de la fuente de calibración utilizada, deben registrarse en una etiqueta que se debe adherir en un costado del monitor de radiación; así, las lecturas obtenidas con el monitor durante su uso normal se deben multiplicar por este factor de calibración para obtener el valor real de la rapidez de exposición, a esa energía.

8.11 Certificado de Calibración.

El certificado de calibración de cada uno de los monitores de radiación calibrados, debe tener el formato mostrado en el Apéndice A (Normativo).

9. Concordancia

Esta Norma Oficial Mexicana concuerda parcialmente con las recomendaciones, al respecto, del Organismo Internacional de Energía Atómica.

APENDICE A (Normativo)

EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO DE CALIBRACION
CERTIFICADO DE CALIBRACION

Empresa:

Domicilio:

Teléfono:

Encargado de Protección Radiológica:

Equipo:

Marca:

Modelo:

Serie:

Escalas:

Factor de Calibración:

Datos de la Fuente Radiactiva utilizada:

Periodo de validez del certificado:

Recomendaciones:

PRESTADOR DE SERVICIOS

RESPONSABLE DE LA CALIBRACION

Fecha de calibración:

Fecha:

APENDICE B (INFORMATIVO)

FORMATO DE CALIBRACION

FUENTE DE CALIBRACION: _____ ; Ac= _____ mCi; FECHA DE CAL. _____

RAPIDEZ DE EXPOSICION A LA DISTANCIA DE REFERENCIA= _____ mR/h

DISTANCIA DE REFERENCIA: _____ m.

RAPIDEZ DE EXPOSICION CALCULADA: _____ mR/h;

FECHA: _____

DISTANCIA DETECTOR- FUENTE (m)	RAPIDEZ DE EXPOSICION ESPERADA (mR/h)	LECTURA FINAL (mR/h)	FACTOR DE CALIBRACION

FACTORES DE CALIBRACION

ESCALAS					
FACTOR DE CALIBRACION					

EQUIPO
CALIBRADO: _____ MARCA: _____
MODELO: _____ No. _____ DE
SERIE: _____
RESPONSABLE DE LA CALIBRACION: _____
FIRMA: _____
OBSERVACIONES: _____

10. Bibliografía

- 10.1 ANSI N13.4-1971. "For the Specifications of Portable X- or Gamma-Radiation Survey Instruments".
- 10.2 ANSI N323-1978. "Radiation Protection Instrumentation Test and Calibration".
- 10.3 ANSI N42.17A-1989. "Performance Specifications for Health Physics Instrumentation-Portable Instrumentation for Use in Normal Environmental Conditions".
- 10.4 ANSI N42.17C-1989. "Performance Specifications for Health Physics Instrumentation-Portable Instrumentation for use in Extreme Environmental Conditions".
- 10.5 ANSI N42.3-1989. "Standard Procedures for Geiger Müller Counters".
- 10.6 IAEA, Technical Report 133, "Handbook of Radiation Protection Monitoring Instruments Calibration". Vienna, 1971.
- 10.7 ICRU Report 12, "Certification of Standardized Radioactive Sources". International Commission on Radiation Units and Measurements, 1968.
- 10.8 ICRU Report 20, "Radiation Protection Instrumentation and its Application". International Commission on Radiation Units and Measurements, 1976.
- 10.9 Shleien, B. (Ed.), "The Health Physics and Radiological Health Handbook", Scinta, Inc.; Silver Spring, MD; 1992.
- 10.10 Tait W. H. "Radiation Detection". Butterworths, London, 1980.

11. Observancia

Esta Norma es de observancia obligatoria en el territorio nacional y corresponde a la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, la vigilancia de su cumplimiento.