

# SECRETARIA DE ENERGIA

## **NORMA Oficial Mexicana NOM-024-NUCL-1995, Requerimientos y calibración de dosímetros de lectura directa para radiación electromagnética.**

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

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-024-NUCL-1995, REQUERIMIENTOS Y CALIBRACION DE DOSIMETROS DE LECTURA DIRECTA PARA RADIACION ELECTROMAGNETICA.

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; 1o., 4o., 18 fracción III, 19, 21, 26, 32 y 50 fracciones I, II, III, X, XII y XIII de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, y 1o., 2o., 3o., 4o., 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 dosímetros de lectura directa, expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-024-NUCL-1995, REQUERIMIENTOS Y CALIBRACION DE DOSIMETROS DE LECTURA DIRECTA PARA RADIACION ELECTROMAGNETICA

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 31 de enero de 1997.- El Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, **Miguel Medina Vaillard**.- Rúbrica.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-024-NUCL-1995, REQUERIMIENTOS Y CALIBRACION DE DOSIMETROS DE LECTURA DIRECTA PARA RADIACION ELECTROMAGNETICA

### **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 Insumos para la Salud

SECRETARIA DE GOBERNACION

- Dirección General de Protección Civil

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

- Gerencia de Centrales Nucleoeléctricas

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA

- Dirección General de Residuos, Materiales y Riesgo

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.

**INDICE**

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

**0. Introducción**

Los dosímetros de bolsillo de lectura directa se utilizan para tomar lecturas de la rapidez de exposición del personal que maneja material radiactivo, con objeto de tomar las medidas de protección radiológica adecuadas.

Los dosímetros de bolsillo de lectura directa son básicamente capacitores con un electrodo móvil. El capacitor se carga a un voltaje predeterminado, lo que produce una separación determinada de los dos electrodos. Cuando se expone a radiación X o gamma o a ambas, se produce ionización en la cámara en la que están contenidos los electrodos, la que produce una disminución en la carga de los electrodos. Esto causa un cambio en la posición del electrodo móvil, que está en función de la exposición recibida, y que se observa a través de un sistema óptico interconstruido en el propio dosímetro.

Esta Norma contiene los requerimientos para efectuar la calibración de los dosímetros de bolsillo de lectura directa.

**1. Objetivo**

Establecer los requerimientos para efectuar la calibración de los dosímetros de bolsillo de lectura directa.

**2. Campo de aplicación**

La presente Norma se aplica sólo en la calibración de los dosímetros de bolsillo de lectura directa que son sensibles a la radiación X o gamma o a ambas, con energías desde 30 KeV hasta 3 MeV, que se sujetan en las ropas o al cuerpo de una persona para medir la exposición recibida, y que por lo general se colocan cerca de la parte del cuerpo que es más probable que reciba la exposición mayor.

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

**3. Referencias**

Para una mejor aplicación 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 dosímetro de lectura directa, 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.

**Cargador**

Instrumento que se emplea para administrar carga electrostática a los dosímetros de lectura directa.

**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 dosímetro de lectura directa.

**Dosímetro**

Instrumento o dispositivo para medir el equivalente de dosis, la dosis absorbida o la exposición personal acumulada en un intervalo de tiempo. Puede ser de lectura directa o de lectura indirecta.

**Dosímetro de lectura directa**

Dosímetro que se sujeta a la ropa o al cuerpo de una persona, que tiene integrado un sistema de medición el cual marca el valor acumulado, desde que se carga eléctricamente hasta el momento en que se hace la lectura del equivalente de dosis, la dosis absorbida o la exposición a la radiación.

#### **Errores**

Variaciones en los valores obtenidos con el dosímetro de lectura directa, debidas a variaciones asociadas con la fuente de calibración, el posicionamiento del dosímetro 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.

#### **Escala**

Curva o eje donde se marca una serie de puntos o rayas que corresponde ordenadamente a un conjunto de números colocados según su magnitud.

#### **Exactitud**

Es el 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 dosímetro de lectura directa para una condición dada.

#### **Fecha de calibración**

Fecha en que se efectúa la calibración.

#### **Fecha de certificación**

Fecha en que se firma el certificado de calibración.

#### **Fuente de calibración**

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

### **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 dosímetro, Bq o (mCi).  
Ac: Actividad de la fuente de calibración a la fecha de certificación, Bq o (mCi).  
d: Distancia Fuente-Dosímetro, m o (cm).  
di: Distancia de calibración, m o (cm).  
  
da: Distancia a la que se tiene el valor de  $X_a$ , m o (cm).  
FC: Factor de calibración.  
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 dosímetro.  
T: Vida media del radioisótopo de la fuente de calibración (años o días).  
t: Tiempo transcurrido de la fecha de certificación de la fuente de calibración a la fecha de calibración del dosímetro (años o días).  
Xi: Exposición correspondiente a 1/3 y 2/3 de la escala del dosímetro (mR).  
Xa: Rapidez de exposición actual, es la rapidez de exposición en la fecha de calibración, a una distancia especificada fuente -dosímetro (mR/h).  
Xc: Rapidez de exposición a la fecha de certificación de la fuente de calibración, a una distancia especificada fuente -dosímetro (mR/h).  
Xi: Rapidez de exposición correspondiente a 1/3 y 2/3 de la escala del dosímetro (mR/h).  
X<sub>max</sub>: Rapidez de exposición máxima de la escala del dosímetro (mR/h).  
 $\delta \bar{x}$  : Error asociado con la rapidez de exposición de las fuentes de calibración, que estén contenidas en su blindaje. En caso de fuentes de calibración desnudas, se considera el error asociado con la actividad.  
 $\delta d$ : Error asociado con el posicionamiento fuente-dosímetro.  
 $\delta l$ : Error en la lectura.  
 $\delta t$ : Error asociado con la medición del tiempo.  
 $\lambda$ : Constante de decaimiento,  $\lambda = 0.693/T$  (años<sup>-1</sup> o días<sup>-1</sup>).  
 $\Gamma$ : Constante de exposición específica del radioisótopo (R m<sup>2</sup>/h Ci).

### **6. Requerimientos para la calibración**

La calibración de dosímetros de lectura directa requiere de personal calificado, local, instalaciones y procedimientos adecuados, y al menos una fuente de calibración.

#### **7. Requerimientos de los dosímetros**

Previo a la calibración, los dosímetros de lectura directa no deben presentar anomalías físicas y de tipo funcional.

##### **7.1 Condiciones físicas**

Para la calibración, los dosímetros no deben presentar ninguna de las siguientes condiciones:

- a) Señales de golpes sufridos en el cuerpo del dosímetro;
- b) Presencia de humedad en el interior del dosímetro;
- c) Inestabilidad del electrodo indicador, y
- d) El indicador debe estar en forma vertical para la lectura.

##### **7.2 Requerimientos funcionales**

Las anomalías de tipo funcional pueden determinarse observando la rapidez con que se descarga el dosímetro, en ausencia de radiación, o la capacidad que tiene éste para retener la carga.

La descarga de un dosímetro totalmente cargado, cuya escala tenga un intervalo de lectura de 100 mR o más, no debe exceder del 2% de la escala total en 24 horas si este dosímetro se coloca en un medio ambiente donde la rapidez de exposición sea menor o igual a 0.02 mR/h y en las condiciones ambientales siguientes:

- a) Temperaturas entre -10 °C y +50 °C y humedades relativas entre 0% y 90%;
- b) Presión atmosférica entre 6.08 x 10<sup>4</sup> Pa (456 mm de Hg) y 12.16 x 10<sup>4</sup> Pa (912 mm de Hg).

El movimiento transitorio del indicador que ocurre al momento en que el dosímetro se desconecta del cargador, no debe exceder del 5% de la escala total para dosímetros con escalas de 500 mR o menores, y del 2% para dosímetros con escalas mayores de 500 mR.

#### **8. Calibración**

**8.1** Para llevar a cabo la calibración de los dosímetros de lectura directa, se deben cumplir los siguientes requisitos:

**8.1.1** El dosímetro debe contar con su manual completo de servicio, que incluye la respuesta del dosímetro en función de la energía;

**8.1.2** El dosímetro debe estar libre de contaminación radiactiva;

**8.1.3** El electrómetro debe estar ajustado a cero o al valor indicado por el fabricante, de acuerdo a las instrucciones del manual de servicio.

**8.2** La calibración de los dosímetros de lectura directa debe efectuarse al menos una vez al año y después de haberse reparado o ajustado.

**8.3** La calibración del dosímetro de lectura directa debe efectuarse observando las precauciones siguientes:

**8.3.1** Durante la calibración debe estar presente, exclusivamente, la fuente de calibración en el área de trabajo.

**8.3.2** La temperatura ambiente del área de trabajo debe estar en el intervalo de temperatura normal de operación del dosímetro, especificado por el fabricante. Para casos especiales, la calibración se debe realizar en las condiciones ambientales que predominen en su uso normal.

**8.3.3** El efecto de dispersión de la radiación causada por los materiales de construcción del área donde se realice la calibración, se debe reducir de manera tal, que su influencia en las lecturas del dosímetro se pueda considerar despreciable, para ello es necesario asegurar que la distancia de la fuente de calibración y del dosímetro al piso, techo y paredes, sea por lo menos de 1 m.

##### **8.4 Fuente de calibración**

**8.4.1** Para efectuar la calibración de los dosímetros de lectura directa es necesario contar con una fuente de calibración, cuya actividad se encuentre dentro de un 5% de exactitud respecto a los patrones radiactivos de un laboratorio primario o secundario, nacional o internacional.

**8.4.2** 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 dosímetros. Sin embargo, se debe conocer la respuesta de cada dosímetro específico en el intervalo de energía mencionado, para aplicar el factor de corrección correspondiente al usar el dosímetro en campos de radiación con energías diferentes a la de calibración.

##### **8.5 Posicionamiento relativo fuente de calibración-dosímetro**

Para lograr la repetibilidad en las lecturas obtenidas con diferentes posicionamientos relativos fuente de calibración-dosímetro, 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 de calibración y el dosímetro. La distancia mínima que se utilice debe ser tal que la fuente de calibración y el dosímetro se puedan considerar puntuales, para lo cual, se requiere que la dimensión máxima de la fuente de calibración y del dosímetro sean menores al 10% de la distancia entre ellos.

**8.6 Duración de la lectura**

Para lograr repetibilidad en las lecturas obtenidas con diferentes tiempos de medición, se debe contar con instrumentos calibrados para medir tiempos con una escala máxima que incluya todos los tiempos elegidos para las diferentes pruebas. El tiempo mínimo que se utilice debe ser tal que el tiempo requerido para iniciar y terminar una lectura pueda considerarse "nulo", para esto se requiere cronometrar la tarea de iniciar una lectura, así como la de terminar la tarea, las cuales sumadas deben ser menores al 10% del tiempo mínimo.

**8.7 Medición de la lectura**

Se debe emplear como error en la lectura del dosímetro la mitad del valor de la división mínima de la escala del mismo.

**8.8 Métodos de calibración**

Para efectuar la calibración de los dosímetros de lectura directa se puede utilizar alguno de los métodos que se describen a continuación:

**8.8.1 Calibración en función de la distancia fuente-dosímetro.**

**8.8.1.1** Calcular la actividad actual de la fuente de calibración en función del tiempo de decaimiento, contado desde la "fecha de certificación", empleando la relación:

$$A_a = A_c e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Con este valor de  $A_a$ , calcular con la relación:

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

dos distancias de calibración  $d_i$ , para la escala del dosímetro, en las cuales la fuente de calibración produzca una rapidez de exposición que corresponda, respectivamente, a 1/3 y 2/3 del valor máximo de la escala.

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, entonces la rapidez de exposición actual a la distancia especificada, se calcula con la relación:

$$\dot{X}_a = \dot{X}_c e^{-\lambda t} \dots (3)$$

**8.8.1.2** Calcular con la expresión

$$d_i = d_a \left( \frac{\dot{X}_a}{\dot{X}_i} \right)^{1/2} \dots (4)$$

dos distancias de calibración  $d_i$ , para la escala del dosímetro, en las cuales la fuente de calibración produzca una rapidez de exposición que corresponda, respectivamente, a 1/3 y 2/3 del valor máximo de la escala.

**8.8.1.3** Para calibrar, se coloca el dosímetro perpendicularmente al flujo de 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:

$$FC = L_v / L_p \dots (5)$$

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 dosímetro y la energía de la fuente de calibración empleada, el dosímetro debe regresarse a reparación.

**8.8.2 Calibración en función del tiempo de exposición.**

**8.8.2.1** Calcular con la expresión

$$d_i = d_a \left( \frac{\dot{X}_a}{\dot{X}_{max}} \right)^{1/2} \dots (6)$$

la distancia en la cual se obtiene la rapidez de exposición máxima de la escala del dosímetro.

**8.8.2.2** Calcular con la expresión

$$t = \left( \frac{X_i}{X_{max}} \right) \dots (7)$$

el tiempo necesario para tener una exposición entre 1/3 y 2/3 de la escala del dosímetro, a una distancia fija (determinada en el punto 8.8.2.1).

**8.8.2.3** Para calibrar, se coloca el dosímetro perpendicularmente al flujo de la fuente de calibración a una distancia fija durante el tiempo de exposición calculado y se obtienen por lo menos tres lecturas de la rapidez de exposición correspondiente, con las cuales se obtiene un valor promedio de la rapidez de exposición para el tiempo de exposición seleccionado. Se repite esta operación para un segundo tiempo calculado y a los valores promedios obtenidos se les aplica el factor de calibración.

### 8.9 Errores

Es importante minimizar los errores asociados con la calibración de un dosímetro de lectura directa. Las fuentes principales de error están asociadas con: la rapidez de exposición de la fuente de calibración,  $\delta_x$ , para las fuentes de calibración que estén contenidas en su blindaje, y la actividad para aquellas que estén desnudas; el posicionamiento relativo fuente-dosímetro,  $\delta_s$ ; las lecturas del dosímetro,  $\delta_r$ ; y la medición del tiempo,  $\delta_t$ .

El error global del dosímetro  $\delta(\%)$  se determina por la relación:

$$\delta = \left( \left( \frac{\delta_x}{\bar{X}} \right)^2 + 4 \left( \frac{\delta_s}{d} \right)^2 + \left( \frac{\delta_r}{L} \right)^2 + \left( \frac{\delta_t}{t} \right)^2 \right)^{1/2} * 100 \dots (8)$$

donde  $(\delta_x / \bar{X})$ ,  $(\delta_s/d)$ ,  $(\delta_r/L)$  y  $(\delta_t/t)$  son los errores relativos asociados con la rapidez de exposición o actividad especificada por el fabricante de la fuente de calibración, con el posicionamiento, con la lectura y con el tiempo, respectivamente.

El error global aceptado en la calibración de dosímetros de lectura directa es de un  $\pm 20\%$ .

### 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:

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

### 8.11 Certificado de calibración

Los dosímetros de lectura directa deben contar con un certificado de calibración, el cual debe tener el formato mostrado en el Apéndice A.

## 9. Concordancia

Esta Norma concuerda parcialmente con la Norma ISO-1758-1976.

### APENDICE A (Normativo)

<b>EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO DE CALIBRACION</b>
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACION</b>

**Empresa:**

Domicilio:

Teléfono:

Encargado de Protección Radiológica:

**Equipo:**

Marca:

Modelo:

No. Serie:

**Intervalo de medición del dosímetro:**

**Factor de calibración:**

**Fuente de calibración utilizada:**

**Período de validez del certificado:**

\_\_\_\_\_  
**PRESTADOR DE SERVICIOS**

\_\_\_\_\_  
**RESPONSABLE DE LA CALIBRACION**

Fecha de calibración:

Fecha:

## 10. Bibliografía

**10.1** ANSI N322-1977. "Inspection and Test Specifications for Direct and indirect reading quartz fiber pocket dosimeters". New York, ANSI. 11 p.

**10.2** ANSI N42.13-1978. "Calibration and Usage of "Dose Calibrator" Ionization Chambers for the Assay of Radionuclides". New York, ANSI. 100 p.

**10.3** ISO 1758-1976. "Direct-Reading Electroscop-Type Pocket Exposure Meters". Geneve, ISO. 2 p.

**10.4** ISO 4071-1978. "Exposure Meters and Dosimeters - General Methods for Testing". Geneve, ISO. 29 p.

**10.5** ICRU Report 12, 1968. "Certification of Standardized Radioactive Sources". International Commission on Radiation Units and Measurements. Washington, D.C., ICRU. 10 p.

**10.6** ICRU Report 20, 1971. "Radiation Protection Instrumentation and its Application". International Commission on Radiation Units and Measurements. Washington, D.C., ICRU. 60 p.

**10.7** Shleien, B. (Ed. 1992), "The Health Physics and Radiological Health Handbook", Scinta, Inc.; Silver Spring, Scinta. 734 p.

**10.8** Tait W. H., 1980. "Radiation Detection". London, Butterworths, 406 p.

#### **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 la misma.