



CIRCULAR N° 04/14 26 de septiembre de 2014

MATERIA: NORMA SOBRE RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento forma parte del programa de normas que prepara la Comisión Chilena de Energía Nuclear, en su calidad de Autoridad Competente respecto de instalaciones radiactivas de primera categoría, y cuya aplicación es de carácter obligatorio.

El conjunto de requerimientos establecidos en las normas representa los estándares que usará la Comisión Chilena de Energía Nuclear en sus evaluaciones de seguridad radiológica.

Los apéndices a las normas deberán considerarse como parte integrante de la misma, no así los anexos, que se entregan sólo con el propósito de ilustrar la aplicación de los requerimientos.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

- 2.1. Establecer los requerimientos de seguridad radiológica y física que se deberán cumplir en las actividades asociadas a ensayos no destructivos mediante radiografía industrial.
- 2.2. Esta norma es aplicable a todas las actividades de ensayos no destructivos que se desarrollen con equipos de rayos X y a aceleradores de partículas de uso industrial.
- 2.3. Esta norma no es aplicable al diseño y fabricación de equipos de radiografía industrial o aceleradores de partículas de uso industrial.

3. DEFINICIONES

Para efectos de la presente norma, se aplicarán las siguientes definiciones:

- 1) **Blindaje:** Material interpuesto entre una fuente emisora de radiación y las personas o el medio ambiente con el objeto de reducir la irradiación externa.
- 2) **Calidad del haz:** Indicador de la energía de las partículas incidentes en un medio material.
- 3) **Condiciones de referencia:** Condiciones físicas, ambientales u otras magnitudes de influencia utilizadas en un laboratorio patrón para la determinación de magnitudes dosimétricas.
- 4) **Detector de radiaciones ionizantes:** Dispositivo utilizado para la detección y medición de magnitudes dosimétricas asociadas a un campo de radiación ionizante.
- 5) **Dosímetro de lectura directa:** Dispositivo que proporciona una lectura instantánea de la dosis integrada o de la tasa de dosis.
- 6) **Dosis equivalente:** Magnitud de protección radiológica equivalente al producto entre la dosis absorbida medida en un órgano o tejido y el factor de ponderación de la radiación. Su unidad de medida es el Sievert, [Sv].

- 7) **Dosis efectiva:** Sumatoria del producto de las dosis equivalentes de todos los tejidos u órganos del individuo y sus respectivos factores de ponderación. Su unidad de medida es el Sievert, [Sv].
- 8) **Dosis absorbida:** Magnitud física que representa la energía media impartida por la radiación a una unidad de masa de la materia. Su unidad de medida es el Gray [Gy].
- 9) **Encargado de Protección Radiológica (EPR):** Persona técnicamente competente en protección radiológica designada por un explotador para elaborar los procedimientos y supervisar el cumplimiento de toda actividad asociada a la vigilancia radiológica de la Instalación.
- 10) **Explotador:** Persona natural o jurídica a cuyo nombre la Autoridad Competente otorga una autorización para desarrollar actividades de radiografía industrial.
- 11) **Evento anómalo:** Acontecimiento no esperado cuyas consecuencias reales o potenciales no son despreciables desde el punto de vista de la protección radiológica de las personas o del medio ambiente. Incluye errores de operación, fallos de equipos, pérdidas de control, o acciones deliberadas por parte de otros.
- 12) **Equivalente de dosis ambiental, H*(d):** Dosis equivalente que será producida por el correspondiente campo alineado y expandido a una profundidad d en el radio de la esfera ICRU de dirección opuesta al campo alineado, en un punto de un campo de radiación.
- 13) **Exposición potencial:** Exposición a las radiaciones, que no es de esperar pero sí es posible, resultado de un accidente ocurrido en una fuente o un suceso o serie de sucesos de carácter probabilista, por ejemplo a fallos de equipo y errores de operación.
- 14) **Factor de rendimiento:** Carga eléctrica neta de los electrones que impactan con el blanco del ánodo. Se obtiene a partir del producto entre la corriente del tubo de rayos X y el tiempo de exposición.
- 15) **Fuente emisora de radiación ionizante:** Equipo generador de rayos X o acelerador lineal.
- 16) **Instalación fija de radiografía industrial:** Recinto blindado para operar una fuente emisora de rayos X.
- 17) **Protección radiológica:** Disciplina orientada a proteger a las personas de los potenciales riesgos derivados al uso de fuentes emisoras de radiaciones ionizantes.
- 18) **Rayos X:** Radiación electromagnética originada por la interacción de partículas cargadas con los orbitales atómicos de un medio material o bien por la interacción coulombiana de éstas con núcleos atómicos.
- 19) **Radiación de fuga:** Toda radiación que traspasa el blindaje de un equipo, emitida en una dirección diferente a la del haz primario.
- 20) **Trabajador ocupacionalmente expuesto:** Toda persona que se desempeña u opera fuentes emisoras de radiaciones ionizantes.
- 21) **Zona controlada:** Área delimitada por elementos o barreras físicas, a objeto de evitar exposiciones potenciales tanto en los trabajadores expuestos como en miembros del público.
- 22) **Seguridad física:** Conjunto de medidas físicas y administrativas destinadas a prevenir el acceso no autorizado o el daño a sustancias radiactivas o equipos generadores de radiación ionizante y la pérdida, robo o traslado no autorizado de éstos.

4. CRITERIOS GENERALES

- 4.1. La posesión de equipos generadores de radiaciones ionizantes, en el contexto de las instalaciones radiactivas de primera categoría, requerirá contar con alguna de alguna de



las siguientes autorizaciones: operación, cierre temporal o cierre definitivo, según se establece en el Decreto Supremo N°133 de 1984 del Ministerio de Salud.

- 4.2. Las instalaciones fijas para operar equipos de radiografía industrial están sujetas a la obtención de autorizaciones previas, emitidas por la Autoridad Competente, para las etapas de construcción, operación y cierre temporal o definitivo, según se establece en el Decreto Supremo N°133 de 1984 del Ministerio de Salud.
- 4.3. El conjunto de autorizaciones que pueden ser requeridas para desarrollar actividades de radiografía industrial es el siguiente:
 - (a) Autorización de Construcción para instalación fija de radiografía industrial (si lo hay);
 - (b) Autorización de Operación para instalación fija de radiografía industrial (si lo hay);
 - (c) Autorización de Operación para equipos para radiografía.
- 4.4. Un explotador que opere este tipo de instalaciones deberá establecer un programa de protección radiológica efectivo, que garantice que las dosis ocupacionales y del público están de acuerdo con optimización de la protección.
- 4.5. Toda persona que opere este tipo de instalaciones deberá usar un dosímetro personal de uso exclusivo en la Instalación.
- 4.6. Toda persona expuesta a radiaciones ionizantes deberá utilizar elementos de seguridad personal acordes al tipo de trabajo que realizará, a fin de minimizar las dosis recibidas producto de las actividades propias de la instalación.
- 4.7. Todo trabajador ocupacionalmente expuesto deberá contar con una autorización de desempeño emitida por la Autoridad Competente. Los requisitos necesarios para su otorgamiento, se encuentran establecidos en el título IV del D.S.N°133/1984, del Ministerio de Salud.
- 4.8. Los trabajadores ocupacionalmente expuestos deberán someterse a controles de dosimétricos a objeto de no superar las siguientes restricciones de dosis operacional:
 - a. Dosis efectiva de 20 [mSv] por año, como promedio en un período de 5 años consecutivos;
 - b. Dosis efectiva de 50 [mSv] en cualquier año;
 - c. Dosis equivalente en cristalino de 150 [mSv] en un año;
 - d. Dosis equivalente en extremidades o a la piel de 300 [mSv] en un año;
- 4.9. La dosis efectiva para miembros del público no deberá exceder de 1 [mSv] por año.
- 4.10. El explotador que detecte que producto de sus actividades se han superado alguno de los límites operacionales establecidos en los puntos anteriores, deberá adoptar medidas tendientes a limitar la exposición de las personas expuestas.
- 4.11. La importación, exportación y transferencia de equipos de radiografía deberá cumplir con los requisitos establecidos en el Decreto Supremo N°133/1984 del Ministerio de Salud, además de condiciones establecidas por la Autoridad Competente.
- 4.12. El explotador deberá solicitar a la Autoridad Competente el cierre definitivo de las fuentes generadoras de radiación para las que no prevea un uso ulterior.
- 4.13. El cumplimiento de las disposiciones establecidas en la presente norma u otras vinculantes, no exime al explotador de cumplir con otras normas nacionales atinentes a instalaciones de radiografía industrial.
- 4.14. El incumplimiento de las normas que regulan estas materias serán objeto de las sanciones establecidas en la Ley N° 18.302 de Seguridad Nuclear, según el procedimiento allí establecido.



5. RESPONSABILIDADES DEL EXPLOTADOR

- 5.1.** Cumplir en todo momento con la normativa atinente a instalaciones radiactivas de primera categoría y con los límites y condiciones contenidos en las autorizaciones que emita la Autoridad Competente. Para ello, deberá designar a un Jefe de Instalación y un Encargado de Protección Radiológica, quienes deberán garantizar la operación segura de la instalación conforme a los criterios de seguridad radiológica y física establecidos en la presente norma.
- 5.2.** Proveer los recursos necesarios para cumplir con los requisitos de seguridad establecidos en la normativa vinculante y las autorizaciones de construcción, operación y cierre (temporal o definitivo).
- 5.3.** Garantizar que la Instalación operará con personal autorizado por la Autoridad Competente. No se permitirá ningún tipo de manipulación, total o parcial, del equipamiento de radiografía por auxiliares u otras personas sin autorización. Asimismo, deberá garantizar una dotación adecuada de personal, con entrenamiento de acuerdo a las características, funciones individuales y alcance de las operaciones.
- 5.4.** Deberá designar a un Jefe de Instalación y un Encargado de Protección Radiológica por cada Sede donde se utilice equipos de radiografía industrial.
- 5.5.** Deberá designar dos personas con autorización de desempeño, por cada equipo de radiografía que posea. La entrada en vigencia del presente numeral será el día 01 de abril de 2015, inclusive.
- 5.6.** Proveer los recursos necesarios para cumplir con los límites y condiciones establecidos en las diferentes autorizaciones otorgadas por la Autoridad Competente u otra normativa vinculante.
- 5.7.** Capacitar, a lo menos, una vez al año al personal con autorización de desempeño en los siguientes temas:
 - (a) Procedimientos de operación y respuesta ante emergencias radiológicas.
 - (b) Conceptos fundamentales de las radiaciones ionizantes: magnitudes y unidades.
 - (c) Selección y uso de detectores de radiaciones ionizantes, incluida la interpretación de las magnitudes dosimétricas proporcionadas por dichos equipos.
- 5.8.** Garantizar la vigilancia radiológica personal de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, a través de la contratación de servicios de dosimetría personal a entidades autorizadas por el Ministerio de Salud.
- 5.9.** Garantizar la disponibilidad de los informes dosimétricos de todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos, mientras éstos formen parte de la organización.
- 5.10.** Establecer un programa de garantía de calidad que contenga como mínimo procedimientos y registros para:
 - Los controles quincenales a las instalaciones de radiografía industrial, a fin de verificar las magnitudes dosimétricas en la dirección del haz y la radiación de fuga;
 - El control anual a las instalaciones a fin de determinar la dosis absorbida en condiciones de referencia.
 - Registros de dosimetría personal y mediciones radiológicas durante la operación de la instalación.
 - Eventos anómalos ocurridos en las instalaciones y las medidas tomadas para evitar su recurrencia;
 - Capacitaciones impartidas al personal que opera o se desempeña en las instalaciones.



- 5.11.** Informar a la Autoridad Competente toda modificación prevista en el diseño de la fuente emisora de radiación o bien en las condiciones de operación autorizadas, a objeto que ésta determine si dicha modificación requiere o no del otorgamiento de autorizaciones previas para su ejecución.
- 5.12.** Notificar a la Autoridad Competente, en un plazo máximo de 24 horas, la ocurrencia de todo evento anómalo. Transcurrido dicho plazo, se deberá enviar a la Autoridad Competente un informe técnico, indicando las causas del evento, consecuencias y las medidas correctivas adoptadas por el explotador, a fin de restablecer las condiciones de seguridad radiológica y física establecidas en la autorización respectiva.

6. REQUERIMIENTOS

6.1. REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

- 6.1.1.** La autorización de construcción se otorga una vez que se ha establecido que el diseño propuesto ofrecerá un grado suficiente de seguridad física y radiológica durante la operación de la instalación fija de radiografía industrial.
- 6.1.2.** La solicitud de una autorización de construcción deberá ser acompañada por la documentación siguiente:
- a) Descripción de la instalación;
 - b) Planos de ubicación y de diseño de la Instalación;
 - c) Memoria de diseño radiológico;
 - d) Resolución de aprobación de anteproyecto de edificación emitido por la Municipalidad donde se construirá la instalación.

6.1.3. Descripción de la instalación

- 6.1.3.1.** La descripción de la instalación deberá incluir la ubicación y diseño de la instalación, delimitación de zonas, señalización, control de accesos, y cualquier otro aspecto que tenga relación con la seguridad radiológica y física de la misma. Esta descripción deberá dar cuenta de la forma como se cumple los requerimientos de diseño para instalaciones fijas de radiografía industrial.

6.1.4. Planos de ubicación y de diseño de la instalación

- 6.1.4.1.** En el plano de ubicación se deberá indicar la utilización de las zonas adyacentes y los lugares a los cuales se espera tengan acceso personas del público. Las características de diseño deberán ser congruentes con la memoria de diseño radiológico y otorgar una garantía suficiente respecto de:
- (a) La protección física de la instalación y de los equipos en ella;
 - (b) El control físico de acceso a la instalación.
- 6.1.4.2.** Las instalaciones fijas deberán ser emplazadas preferentemente en áreas de uso industrial, con baja afluencia de público.

6.1.5. Memoria de diseño radiológico

- 6.1.5.1.** La memoria de diseño radiológico deberá incluir el cálculo de blindajes que demuestre que las tasas de dosis que se proyectan en las zonas sin vigilancia radiológica, en el exterior de la instalación, son consecuentes con siguientes límites de dosis:
- (a) Para personas ocupacionalmente expuestas:



- 5 mSv por año, en cuerpo entero.
- 100 mSv por año, en piel.
- 60 mSv por año, en cristalino.

(b) Para personas del público:

- 0,3 mSv por año, en cuerpo entero.

6.1.5.2. El cálculo de blindajes deberá considerar la exposición de una fuente de la capacidad nominal del equipo de radiografía, en su posición de irradiación.

6.1.5.3. La información mínima que se deberá incluir en la memoria, es la siguiente:

- (a) Caracterización de la fuente emisora de radiación, esto es: tipo de radiación, magnitud dosimétrica en condiciones de referencia, voltaje, corriente del tubo y factor de rendimiento. Incluir la distribución radial y angular del haz;
- (b) Espectro de energía de los fotones;
- (c) Magnitud dosimétrica en condiciones de referencia en la dirección del haz, esto es: dosis absorbida trazable a un laboratorio de patrones secundarios o, en su defecto, la magnitud dosimétrica informada por el fabricante;
- (d) Diagramas de exposición;
- (e) Rango de espesores y características de los materiales a irradiar;
- (f) Carga de trabajo mínima y máxima prevista para la instalación y su factor de uso;
- (g) Determinación del perímetro de la zona controlada considerando para ello, la máxima carga de trabajo;
- (h) Metodología utilizada para el cálculo del blindaje, la que deberá incluir los supuestos, modelos y normas utilizadas;
- (i) Carga de trabajo semanal prevista para la instalación y su factor de uso;
- (j) Determinación de las magnitudes dosimétricas en puntos de interés radiológico. En particular, se deberá determinar los valores instantáneos y anuales de las magnitudes dosimétricas en puntos de ocupación permanente y/o transitoria de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y miembros del público;
- (k) Estimación de las incertidumbres asociadas al cálculo.

6.1.6. Requerimientos de diseño para instalaciones fijas de radiografía industrial

Se deberá considerar los siguientes criterios:

- 6.1.6.1.** Para efectos de protección radiológica son clasificadas como zonas controladas;
- 6.1.6.2.** Contar con sistema de señales de alarma visible y audible, que actúan por nivel de radiación o por accionamiento causado por el inicio de generación del equipo;
- 6.1.6.3.** El acceso a la instalación deberá ser vigilado y con medios para evitar que personas ingresen mientras se encuentra en operación un equipo de radiografía, preferentemente por medio de un enclavamiento de la cerradura de la puerta con el funcionamiento del equipo de forma que la fuente se retrae automáticamente si la puerta es abierta.

6.2. REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN

6.2.1. La autorización de operación se otorga a las instalaciones fijas de radiografía industrial, una vez que se ha verificado que la instalación ha sido construida de acuerdo al diseño aprobado, que su operación es compatible con las exigencias de



protección radiológica y resguardo; y que los documentos de licenciamiento de la instalación están disponibles en un número suficiente de ejemplares y en conocimiento cabal del personal.

6.2.2. Para solicitar la autorización de operación se deberá presentar los documentos que se indica a continuación, los que deberán ser aprobados por la Autoridad Competente, en forma previa a la emisión de la autorización de operación:

(a) Manual de Operación y Mantenimiento de las instalaciones de radiografía industrial. En este Manual se deberá considerar las recomendaciones del fabricante.

Deberá incluir la estructura de la organización y régimen de responsabilidades, procedimientos operacionales, incluida la vigilancia radiológica individual y ambiental y todas las medidas de tipo estructural, organizacional, administrativo y operativo por el Explotador, a objeto de garantizar la seguridad radiológica y física de la Instalación.

(b) Plan de emergencia, que incluyan un listado de eventos anómalos con mayor probabilidad de ocurrencia y las medidas previstas a fin de minimizar las exposiciones potenciales tanto de los trabajadores expuestos como miembros del público.

(c) Informe de análisis de incidentes con implicancias radiológicas para los trabajadores ocupacionalmente expuestos y miembros de público, cuando corresponda.

6.2.3. Requisitos de operación de instalaciones fijas de radiografía industrial

6.2.3.1. Las instalaciones deberán contar, como mínimo, con un detector de radiación ambiental e instrumentación que permita realizar labores de vigilancia radiológica ambiental.

6.2.3.2. Disponer de una lista con el personal autorizado para ingresar al mismo en el acceso a la instalación;

6.2.3.3. Llevar un registro diario de las operaciones efectuadas en la instalación. En dicho registro deberá indicarse claramente la identificación del equipo de radiografía, parámetros de funcionamiento, fecha y hora, así como el nombre de la persona responsable del equipo;

6.2.3.4. Cada instalación deberá ser señalado con letreros de advertencia que sean visible a una distancia de 3 metros, con la siguiente inscripción: "ZONA CONTROLADA" "RADIACIÓN IONIZANTE" "NO INGRESAR SIN AUTORIZACIÓN", con un trisector púrpura y con fondo amarillo.

6.2.4. Requisitos de operación de instalaciones móviles de radiografía industrial

6.2.4.1. Se deberá contar, a lo menos, con un detector de radiación ambiental, un dosímetro personal y un dosímetro de lectura directa por operador, adecuados al tipo de radiación y rango de energía de los fotones.

6.2.4.2. Se deberá contar con elementos físicos para delimitar el área de trabajo y acceso a zona controlada, incluido el uso de señales de seguridad que adviertan el uso de radiaciones ionizantes. En particular, el diseño de las señales de seguridad deberá cumplir con lo siguiente:

(a) Requerimientos establecidos en la NCh 1410, relativos al color utilizado para advertir el riesgo producido por radiaciones ionizantes.



- (b) Requerimientos establecidos en la NCh 1411, parte II, relativos a la geometría y dimensiones de las señales de seguridad o, en su defecto, los establecidos en la norma ISO 3864.

REGÍSTRESE Y PUBLÍQUESE

Santiago, 26 de septiembre de 2014



Edificio Corporativo de la CCHEN
Amunátegui 95
Santiago



Mesa Central (56-2) 2470 2500
(56-2) 2470 2511



Código postal 8340701
oirs@cchen.gob.cl
www.cchen.gob.cl

