

# GERT

**Entrenamiento Radiológico  
General del Laboratorio  
de Berkeley  
(General Employee  
Radiological Training  
at Berkeley Lab)**



PUB-3152

Publicación patrocinada por el Departamento de Energía de los EE. UU. por el contrato  
nº DE-AC03-76SF00098.

Lawrence Berkeley National Laboratory no discrimina en el empleo por raza, color, religión,  
sexo u origen nacional.

# Índice

Introducción	4
¿Qué es la radiación y de donde viene?	5
Límites de dosis laboral	6
Riesgos presentados por la radiación	7
Protección del feto	7
Monitoreo de exposición a la radiación	8
Medidas de seguridad radiológica	9
Señalización de radiación	9
Material Radiactivo/Máquinas productoras de radiaciones	10
Responsabilidades de empleados y visitantes	11
Bibliografía y referencias	11
Otras fuentes de informaciones	(Tapa)

# GERT

## Entrenamiento Radiológico General

En Berkeley Lab se emplea para la investigación científica una gama de materiales radiactivos y máquinas productoras de radiaciones como equipos de rayos X, haz electrónica y aceleradores de partículas. Todo trabajo radiológico se realiza dentro de Zonas Controladas. Las normas del DOE (Departamento de Energía de los EE.UU.) exigen una capacitación radiológica general de todo empleado y visitante para informarle de los posibles peligros antes de considerarle habilitado para ingresar en estas Zonas. Los visitantes pueden ingresar en Zonas Controladas si les acompaña un empleado que ya cumplió el entrenamiento GERT. Se exige también una capacitación adicional al trabajador radiológico antes de considerarle apto para realizar trabajos sin supervisión personal. Defínese “trabajador radiológico” como “cualquier persona que maneja materiales radiactivos, trabaja en una zona expuesta a radiaciones, u opera máquinas productoras de radiaciones.”

Este panfleto resume los conocimientos del GERT impartidos a personal nuevo durante su orientación de ingreso. Después de leer este panfleto, se considerará que el empleado tomó el curso EHS405.

Los individuos que completaron el GERT se considerarán aptos para escoltar visitantes no entrenados en las Zonas Controladas ya conocidas por tales individuos entrenados. La escolta es responsable de asegurar el cumplimiento de todas las normas de seguridad radiológica de parte del visitante no entrenado.

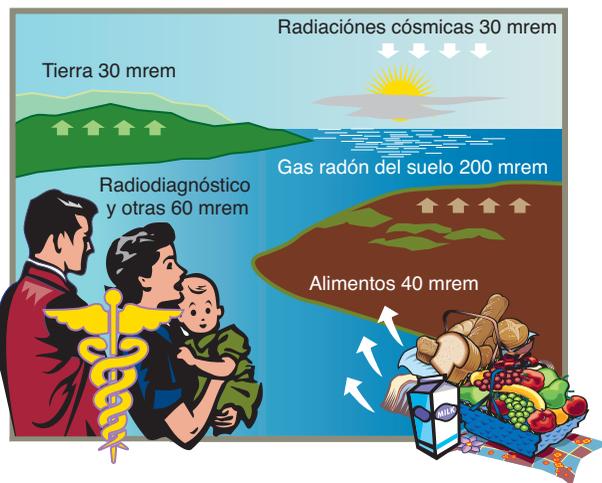
Este panfleto provee informaciones generales sobre la radiación, sus peligros, las normas de seguridad que Berkeley Lab impone para vigilar la salud de sus empleados y el medio ambiente, y los derechos y responsabilidades de cada uno. Para informaciones específicas sobre su puesto de trabajo, consulte a su supervisor, Safety Coordinator (Coordinador de Seguridad) o la Environment, Health & Safety Division (División de Medio Ambiente, Salud y Seguridad, 510-486-5514).

## ¿Qué es la radiación y de donde viene?

Este panfleto trata de la radiación ionizante—partículas invisibles u ondas energéticas emitidas de átomos radioactivos o máquinas productoras de radiaciones. La radiación no ionizante (p. ej. luz de láseres y microondas) presenta peligros distintos controlados por el programa Non-ionizing Radiation (llame a 510-486-7652 para más informaciones). Las radiaciones ionizantes comunes son alfa, beta, neutrón, rayos X y rayos gamma. Se encuentran en la naturaleza átomos radioactivos como el uranio-238 y el torio-232. Otros átomos radioactivos como el plutonio-239 y el yodo-131 son sintéticos, o sea fabricados por la ciencia.

Si la energía proveniente de una radiación se deposita en una persona, considérase una dosis de radiación. Las dosis de radiación se miden en millirems (mrem) o rems. Mil millirems equivalen a un rem (1000 mrem = 1 rem). También empleáanse las unidades internacionales sievert (Sv) y millisievert (mSv).

Existe un fondo de radiación proveniente del medio ambiente. Todo el mundo está expuesto al fondo de radiación. Proviene principalmente de radiaciones cósmicas, minerales radiactivos (p. ej. el uranio-238), ingestión de radionucleidos en la comida (p. ej. potasio-40), e inhalación del gas radiactivo radón. La dosis media del fondo de radiación en los EE.UU. es de 300 mrem/año (3 mSv/año). El Área de la Bahía goza de un promedio menor de aproximadamente 200 mrem/año (2 mSv/año) gracias a un nivel reducido del gas radón.



**Figura 1. Dosis de radiación anuales en los EE.UU. derivadas de fuentes naturales y artificiales.<sup>1</sup>**

Las fuentes artificiales contribuyen otros 60 mrem/año (0.6 mSv/año) aproximadamente por encima de las fuentes naturales. De esta cantidad, aproximadamente 54 mrem (0.54 mSv) se deben a atención médica (p. ej. rayos X y radiodiagnósticos). Productos de consumo normales como abonos, mechas de linternas, detectores de humo, y cerámica con esmalte de uranio contribuyen alrededor de 5 mrem/año (0.05 mSv/año). La lluvia radiactiva constituye menos de 1 mrem/año (0.01 mSv/año) del fondo de radiación. La Figura 1 resume las distintas fuentes del fondo de radiación en los EE.UU.

## Límites de dosis laboral

En el transcurso de su empleo, algunos individuos podrán recibir dosis en exceso del fondo de radiación normal. El DOE (Department of Energy) ejerce un control riguroso sobre estas dosis adicionales en todas sus dependencias e impone límites a ellas.<sup>2</sup> La Tabla 1 muestra los límites de dosis laboral anual para Berkeley Lab. Estos límites representan la máximas dosis adicionales permitidas en exceso del fondo de radiación de 200 mrem/yr (2 mSv/yr) excluyendo exposición por radiodiagnóstico médico.

Tabla 1. Límites de dosis laboral anual en Berkeley Lab.

Grupo	Límite de dosis (mrem/año)
Trabajador radiológico de LBNL	5000 (50 mSv)
Feto de trabajadora	500 (5 mSv)**
Menores, miembros del público, y empleados en general*	100 (1 mSv)

\*Las normas que protegen a los empleados en general son más restrictivos que el límite impuesto por el DOE.  
 \*\*500 mrem/embarazo

Berkeley Lab se esmera en reducir las dosis adicionales de radiación a empleados, al público y al medio ambiente a niveles tan bajos como razonablemente alcanzables (ALARA, o sea “As Low As Reasonably Achievable”) por debajo de los límites anuales establecidos por el DOE (véase la Tabla 1 arriba). La Figura 2

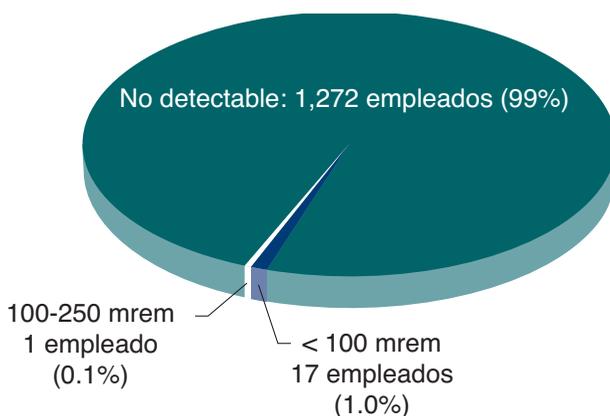


Figura 2. Dosis de radiación laboral recibidas por personal del Berkeley Lab en 2004.

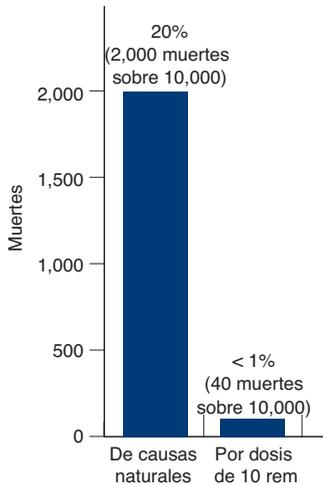
muestra el éxito de Berkeley Lab en rebajar las dosis adicionales según el criterio ALARA. En 2004, el 99 por ciento del personal no recibió dosis adicional alguna, un resultado típico para el Laboratory. A fines de comparación, véase la Tabla 2 para cotejar las dosis medias anuales de trabajadores en otros ramos.

Tabla 2. Dosis de radiación anuales medias para otras actividades.

Empleo	Dosis aproximada (mrem/yr)
Tripulación aeronautica	500 (5 mSv)
Trabajador de central nuclear	310 (3.1 mSv)
Personal médico	70 (0.7 mSv)

## Riesgos presentados por la radiación

El peligro principal de la exposición laboral a radiaciones es una mayor incidencia del cáncer. Este riesgo depende de la dosis adicional recibida, el período de exposición a la radiación, y las partes del cuerpo expuestas. Aunque los científicos suponen que una dosis adicional pequeña puede aumentar en algo el riesgo de cáncer, los estudios médicos no detectan efectos nocivos para la salud cuando las dosis crónicas de radiación sean pequeñas y no superen



**Figura 3. Riesgo estimado de cáncer en una población de 10,000.**

10,000 mrem (0.1 Sv) sobre el fondo de radiación normal.<sup>3</sup>

Este riesgo adicional de cáncer debido a dosis laborales adicionales es pequeño comparado con la probabilidad normal de cáncer hoy en día. Actualmente, la probabilidad media de morir de algún tipo de cáncer es aproximadamente el 20 por ciento (véase la Figura 3).<sup>4</sup>

De recibirse a lo largo de su vida una dosis de radiación de 10 rem (0.1 Sv) por encima del fondo de radiación sobre el cuerpo entero, se estima que su probabilidad de morir de cáncer aumentaría a 20.4 por ciento.<sup>5</sup>

## Protección del feto

Aunque no se haya notado en seres humanos efectos heredables causados por la radiación, se sabe que el feto-embrión es más sensible al daño radiológico que el adulto. Por lo tanto, toda mujer embarazada, que se sospeche embarazada, o que planea un embarazo podrá acudir al Health Services Department (Departamento de Servicios de Salud, 510-486-6266) tan pronto posible si desea. El Health Services Department se encargará de evaluar su puesto de trabajo para posibles amenazas a la salud del feto: puede hacerse de manera confidencial a pedido. Como el 99 por ciento del personal de Berkeley Lab no recibe dosis adicional sobre el fondo de radiación normal, es poco probable que se necesite modificar el puesto de trabajo o el trabajo mismo. Téngase en cuenta que el Laboratory sólo puede colaborar de esta forma después de que la empleada avise.

Para más informaciones sobre los efectos de radiaciones y otros agentes tóxicos sobre la reproducción humana, véase Workplace Hazards to Reproductive Health (Peligros Laborales para la Salud Reproductiva). Este panfleto es distribuido por Health Services (Servicios de Salud).

## Monitoreo de exposición a la radiación

Berkeley Lab monitorea muchos trabajadores para asegurar que las dosis laborales recibidas sean tan bajas como razonablemente alcanzables (ALARA). La mayoría de ellos portan dosímetros para medir las cantidades de radiaciones externas o penetrantes que puedan recibir.

Un dosímetro es un dispositivo portado como las insignias identificativas pero mide la dosis de radiación recibida de fuentes externas. Aproximadamente la cuarta parte del personal del laboratorio porta dosímetros normalmente. Los dosímetros usados son canjeados por nuevos cada mes o cada tres meses, y la radiación acumulada por cada dosímetro entregado es medida por el Dosimetry Lab (Laboratorio de Dosimetría). Su supervisor podrá aconsejarle si debe inscribirse en el control dosimétrico. En caso de que Berkeley Lab no le exija el control dosimétrico, Ud. todavía tiene el derecho de inscribirse en este programa si desea. Para pedir un dosímetro, llame al Dosimetry Lab (510-486-7497) para inscribirse en el programa de control.



**Figura 4. Dosímetro termoluminiscente.**

En Berkeley Lab se usa comúnmente un dosímetro termoluminiscente (Thermoluminescent Dosimeter o TLD: véase la Figura 4). Los TLDs contienen cristales que absorben la energía impartida por radiación ionizante y la vuelven a emitir bajo forma de luz cuando son recalentadas para este fin en el Dosimetry Lab. La intensidad de la luz liberada es proporcional a la dosis de radiación absorbida. Este método vale para una amplia gama de radiaciones penetrantes como beta, gamma y neutrones.

Todo trabajador de Berkeley Lab que porte dosímetro recibirá un resumen anual de dosis recibida, aun cuando la dosis recibida resulte nula. De haber recibido una dosis, el trabajador recibirá un informe de dosis recibida cuando canjee su dosímetro al fin de un ciclo de un mes o de tres meses. Cualquier trabajador del Laboratory que porta dosímetro podrá obtener una copia del informe de dosis del Dosimetry Lab o por la red en <https://ehswprod.lbl.gov/Rems/Login.asp>.

Algunos trabajadores radiológicos son monitoreados por dosis internas. Es posible recibir una dosis interna por ingestión o aspiración de materiales radiactivos. Este monitoreo generalmente se aplica a los pocos individuos que trabajan con material radiactivo dispersable. Las dosis son medidas por análisis de la orina o por medición de radiación emitida por el cuerpo. Las dosis positivas detectadas son comunicadas al individuo y registradas en su historia dosimétrica personal al lado de las dosis registradas por los TLDs.

## Medidas de seguridad radiológica

Todo trabajo radiológico debe ser cuidadosamente planeado y revisado antes de comenzarse. El trabajo se ajustará a los requerimientos de procedimiento, riesgo, control y evaluación detallados en las Autorizaciones. Las responsabilidades y el papel desempeñado por cada individuo serán especificados durante este proceso preparatorio. Para más informaciones, véase capítulo 21 de PUB-3000: Berkeley Lab Health and Safety Manual (Manual de Salud y Seguridad de Berkeley Lab) disponible por la red en <http://www.lbl.gov/ehs/pub3000/CH21.html>.

Empléanse dos tipos de medidas de seguridad radiológica en Berkeley Lab: medidas administrativas y medidas físicas. Las medidas físicas son primarias: blindaje, ventilación, alarmas, señales de aviso y estructuras de contención de material radiactivo. Por control administrativo entiéndese señalización, procedimientos a seguir, dosimetría y entrenamiento, los cuales complementan la seguridad provista por las medidas físicas.

Todo el trabajo se planea con el fin de mantener las dosis adicionales recibidas tan bajas como razonablemente alcanzables (ALARA). En concreto, todo trabajador radiológico intentará:

Minimizar el tiempo de exposición a las fuentes de radiación.

- Maximizar la distancia entre el trabajador y las fuentes de radiación. La intensidad de radiación disminuye notablemente alejándose uno de su fuente.
- Emplear el blindaje apropiado entre el trabajador y la fuente de radiación. Para algunas fuentes, basta con interponer una barrera de plástico; para otras es necesario blindaje de plomo.

## Señalización de radiación

Una de las medidas de seguridad mas importantes en Berkeley Lab es la señalización de advertencias y avisos en zonas controladas por razones de seguridad radiológica. Estos letreros indican al personal el peligro de radiación en estas zonas.

Hay dos tipos de zonas riesgosas en Berkeley Lab. Las Zonas Controladas se señalan con carteles en azul y blanco. Éstas son zonas que rodean los recintos donde se encuentran materiales radiactivos o máquinas productoras de radiaciones. En la Figura 5 se ve un ejemplo de señalización de una Zona Controlada. Los individuos que completaron el entrenamiento GERT tienen permiso de entrar en Zonas Controladas sin escolta.

El recinto dentro de una Zona Controlada donde se manejan materiales radiactivos o donde se encuentran campos de radiación está señalizado con carteles en amarillo y negro o amarillo y magenta portando el trébol distintivo que indica “radiación”. Nadie debe entrar en uno de estos recintos sin previa



Figura 5. Letrero de Zona Controlada.



Figura 6. Letreros de radiación.

consulta con personal autorizado para trabajar allí. Se exige entrenamiento radiológico adicional antes de habilitar al trabajador para manejar materiales radiactivos, entrar en contacto con superficies contaminadas, o penetrar en campos de radiación. En la Figura 6 se ven ejemplos de señalización del recinto de una Zona Controlada donde puede existir peligro de radiación.

## Material radiactivo/Máquinas productoras de radiaciones

Toda actividad de adquisición, manejo, traslado y uso de material radiactivo será debidamente autorizada con detalles de procedimiento, lugar y personal competente. El capítulo 21 de PUB-3000 contiene instrucciones detalladas para trabajar con materiales radiactivos. El traslado y aceptación de material radiactivo es responsabilidad de la Radiation Protection Transportation Office (Oficina de Protección de Radiación Durante Transporte) en 510-486-6228.

Todo material radiactivo debe permanecer dentro de Zonas Controladas señaladas con letreros en azul y blanco, y, en la mayoría de los casos, dentro de un recinto señalado como Zona de Material Radiactivo. Cada empleado debe reconocer y acatar estos letreros. De encontrarse un letrero con el símbolo trébol radiactivo fuera de una Zona Controlada, informe Radiation Protection (Protección Radiológica) en 510-486-7652.

## Responsabilidades de empleados y visitantes

Ud. es responsable de realizar sus tareas de una manera segura. Debe comprender bien todos los riesgos y medidas de seguridad asociados a su trabajo. Si tiene preguntas o inquietudes al respecto, comuníquelas al individuo responsable, su supervisor o a personal de la EH&S Division (Environment, Health & Safety Division/División de Medio Ambiente, Salud y Seguridad) antes de comenzar la tarea.

Ud. debe cumplir entrenamiento radiológico adicional antes de emprender cualquier tarea que involucre el manejo de material radiactivo u operación de máquinas productoras de radiaciones. Además, tales tareas deben ser formalmente autorizadas por la EH&S Division (según capítulo 21, PUB-3000); es necesario que Ud. lea cada autorización y que la firme después de leída.

Si Ud. es jefe o supervisor, tiene la responsabilidad de asegurar un lugar de trabajo saludable y de velar por el cumplimiento de las normas de PUB-3000 de parte de los trabajadores a su cargo.

Si Ud. es visitante, es responsable de acatar todos los letreros, cumplir el entrenamiento exigido, y de denunciar cualquier situación peligrosa al personal de Berkeley Lab.

## Bibliografía y referencias

1. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, Report 93, Bethesda, MD, 1987.
2. U.S. Department of Energy, "Occupational Radiation Protection, Final Rule," Code of Federal Regulations, Title 10, Part 835, December 14, 1993.
3. The National Research Council Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, Health Risks from Low Levels of Ionizing Radiation, BEIR V, Washington, D.C., 1990.
4. Health Physics Society, Radiation Risk in Perspective, Position Statement, 1996.
5. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Instruction Concerning Risks from Occupational Radiation Exposure, Regulatory Guide 8.29, Rev. 1, NRC, Washington, D.C., February 1996.
6. American Cancer Society, Cancer Facts and Figures—1995, Atlanta, GA, 1995.
7. International Council on Radiation Protection (ICRP), Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Oxford, England, 1990.

## Otras fuentes de información

LBNL Health and Safety Manual, PUB-3000  
(<http://www.lbl.gov/ehs/pub3000/>)

EH&S Division Web Site  
(<http://www.lbl.gov/ehs/>)

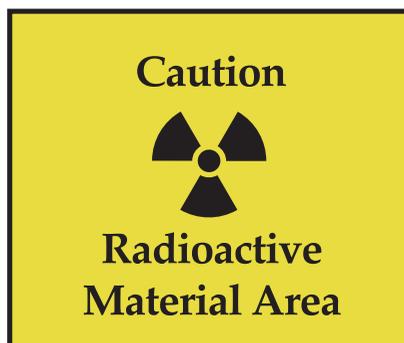
Radiation Protection  
510-486-7652

Dosimetry Lab  
510-486-7497

## Puntos claves



**Letrero de Zona Controlada. Es prohibida la entrada sin haber cumplido el entrenamiento GERT.**



**Letrero de Zona de Material Radiactivo. Para pasar a este recinto y manejar material radiactivo o superficies contaminadas, es necesario cumplir el entrenamiento adicional para trabajadores radiológicos.**

**Para conseguir copias adicionales de este panfleto, dirigirse a:**

Radiation Protection (Protección Radiológica)  
510-486-7652

Dosimetry Lab (Laboratorio de Dosimetría)  
510-486-7497

EH&S Training Program (Programa de Entrenamiento de EH&S)  
510-495-2228