

06.70.07

C.N.E.N. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	1970

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Dependiente de la Presidencia de la Nación

GERENCIA DE SEGURIDAD E INSPECCION
DIVISION SEGURIDAD INDUSTRIAL

"RIESGOS POR RADIAACION EN LA LUCHA CONTRA INCENDIOS"

R I E S G O S P O R R A D I A C I O N E N L A L U C H A C O N T R A I N C E N D I O S

I N T R O D U C C I O N

Por su propia naturaleza la lucha contra el fuego es una ocupación riesgosa. Mayor porcentaje de muertes - ocurre en las operaciones rutinarias de confinamiento y extinción del fuego que en el salvamento de vidas humanas. Estos riesgos de heridas y muerte son aceptados por los bomberos como parte de su trabajo. Ellos saben que la posibilidad de morir o de ser lesionados severamente se presenta en cada instante posterior a su partida del cuartel. Tal situación es aceptada por el bombero porque tiene confianza en su conocimiento de los riesgos comunes de su profesión y habilidad para protegerse de dichos riesgos mediante experiencia y previsión.

El bombero moderno realiza su tarea con un arsenal de armas y equipos de protección personal que hubieran sido increíbles para el de una generación anterior. Pero, pese a su actual equipamiento, debe hacer frente a desarrollos tecnológicos que crean peligros no conocidos por sus predecesores. La lucha contra el fuego en construcciones sin ventanas, en materiales sintéticos de todo tipo y en incendios que ocurren en la más inesperada ubicación como consecuencia de accidentes de aviación, son algunos de los nuevos riesgos para los cuales el bombero moderno debe ser entrenado y equipado.

Con el advenimiento de la energía atómica en la industria, se añade a su tarea el riesgo de radiación. Ella no puede ser "vista", "tocada" ni "olida", pero es capaz de cau-

sar daños y, eventualmente, la muerte. Esta publicación no se refiere a los riesgos (de radiación o de cualquier otro tipo) producidos por armas nucleares, sino a aquéllos a los que se deberá enfrentar en el uso pacífico de la energía atómica.

El vocabulario y los conceptos involucrados en el uso de la energía nuclear son muy poco familiares para muchas personas, y es comprensible que algunos creen que sus "misterios" no pueden ser develados sin un alto grado de conocimientos. Sin embargo debe recordarse que hasta hace no mucho tiempo la nafta era una sustancia "misteriosa": más de un bombero, murió en un incendio de nafta por combatirlo de manera similar a los comunes. Hoy parece increíble, por ejemplo, que hace una generación un degastamento entero de bomberos de una gran ciudad pereciera cuando se dirigió directamente un chorro de agua hasta desbordar un tanque abierto de nafta encendida. En la actualidad, las variadas técnicas para atacar incendios de líquidos inflamables conocidas por los cuerpos de bomberos, hacen que tal desastre sea sólo un recuerdo desgraciado del pasado.

Es posible y necesario conocer los riesgos de la radiación nuclear, en lo que ello concierne a la lucha contra el fuego, y saber qué pasos deben darse para proteger al bombero cuando se encuentre sometido a este nuevo riesgo.

En este folleto se explicará primeramente la naturaleza de la radiación y los medios para protegerse de ella. - Luego se estudiarán algunos casos típicos de problemas creados en los incendios de esta "era atómica" que incluyen no sólo materiales radiactivos sino otras sustancias, no necesariamente fuertemente radiactivas, pero relacionadas con procesos en el campo de la energía atómica que pueden presentar serios problemas en casos de incendios.

C A P I T U L O I

L A S R A D I A C I O N E S I O N I Z A N T E S

Es necesario entender que la radiación no es una fuerza nueva ni algo que fué inventado con la bomba atómica. Siempre han existido en la tierra materiales radiactivos. El granito de las cavernas del hombre prehistórico fué y es radiactivo. Todos los hombres han estado siempre y continúan estando sometidos a radiación proveniente del espacio cósmico. La madera es levemente radiactiva, y esta característica permite a los científicos medir la edad de los fósiles. Antes del advenimiento de la bomba atómica el hombre ya usaba materiales radiactivos. Un ejemplo típico es la utilización desde hace mucho tiempo de compuestos de radio en cuadrantes luminosos. Antes de que se dictaran algunas reglamentaciones legales, fuentes de radio de diversos tipos fueron usadas por médicos matriculados como panacea para diversas enfermedades. Hace muy poco tiempo que el uso de radio ha sido severamente reglamentado en diversos países, inclusive el nuestro. El uranio, por otra parte, fué usado para dar brillo anaranjado a la cerámica o coloración natural a los dientes falsos. Asimismo el hombre ha encontrado posible generar radiación mediante el uso de máquinas especiales, entre las cuales las más familiares son los equipos de rayos X.

A pesar de todo ello, también debemos saber que la radiación PUEDE SER peligrosa. En condiciones normales de trabajo, las plantas y laboratorios cuentan con técnicas operativas y salvaguardias físicas que sirven para proteger al personal, a ocasionales visitantes y a los vecinos. Sin em

bargo, el bombero debe aparecer en escena cuando las condiciones han dejado de ser normales, razón por la cual es necesario que - tenga un conocimiento más amplio de los riesgos que el que posea el promedio de la población.

Los riesgos de la radiación pueden clasificarse en dos grandes clases:

RADIACION EXTERNA: Radiación debida a fuentes exteriores al organismo.

RADIACION INTERNA: Radiación producida por materiales radiactivos introducidos en el organismo.

LA DISTINCION ENTRE RADIACION EXTERNA E INTERNA ES EL PUNTO MAS IMPORTANTE Y FUNDAMENTAL PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS RIESGOS DE LA RADIACION Y DE LAS MEDIDAS DE PROTECCION. MIENTRAS ESTO NO SEA PERFECTAMENTE ENTENDIDO ES INUTIL QUE EL LECTOR SIGA ADELANTE.

La siguiente serie de afirmaciones debe ser estudiada detalladamente:

La radiación externa se origina en una fuente, tal como una cápsula de material radiactivo, ubicada fuera del organismo. La radiación por ella emitida puede eventualmente producir daño en el organismo.

La radiación interna es producida por materiales radiactivos, tales como polvos radiactivos, incorporados al organismo generalmente por ingestión o respiración.

La radiación externa puede ser producida por aparatos emisores de radiación o por material radiactivo, situados fuera del cuerpo.

La radiación interna la producen los materiales radiactivos depositados en diversas partes del cuerpo, tales como pulmones, estómago, riñones o huesos.

Algunos materiales radiactivos que presentan un riesgo "externo" (esto es, que emiten radiaciones que pueden incidir sobre el cuerpo y eventualmente producir daño) pueden también ser peligrosos si ingresan en el organismo; PERO hay materia les radiactivos que sólo presentan riesgos "internos", no siendo causantes (o sólo en muy pequeña medida) de riesgos "externos". El polonio y el uranio son ejemplos de tales materiales.

La protección contra la radiación externa es tá dada por tres parámetros fundamentales: tiempo, blindaje y distancia.

La protección contra la radiación interna es tá dada por el mantenimiento del material radiactivo fuera del organismo. Cuando las circunstancias así lo indiquen, deben ser tomadas las mismas precauciones que para el tratamiento de vene nos químicos; esto es, usar máscaras contra gases y vestimentas especiales, evitar fumar y comer en el área afectada y bañarse al finalizar la operación.

Donde se sabe que existe riesgo de radiación, pero no es conocido el tipo de riesgo involucrado, las precaucio nes a tomar deben estar basadas en la suposición de que existen tanto los riesgos de irradiación externa como los de la interna.

1.1.- R A D I A C I O N E X T E R N A

La radiación externa puede producir daño en cuanto pueda ser absorbida por el cuerpo.

Los rayos X son un ejemplo típico de radiación externa. Ellos pueden ser producidos por equipos generadores de rayos X o también por algunos materiales radiactivos.

1.1.1. Protección

La protección contra la radiación externa con siste en una o mas combinaciones de tres factores: tiempo, distan

cia y blindaje.

Como comparación supongamos el problema de la protección de los ojos contra los rayos ultravioleta cuando se toman baños de sol. Los rayos ultravioletas afectan la vista. Puede ser tolerada una cierta cantidad, pero pasado ese punto puede provocarse el daño. Nuestros ojos se protegen de tres formas: 1) regulando el tiempo de permanencia a los rayos de sol o de una lámpara de rayos ultravioleta; 2) regulando la distancia entre los ojos y la lámpara mencionada; 3) "blindando" los ojos mediante lentes oscuros. El uso de los anteojos, que filtran la mayor parte de los rayos ultravioletas, permite acercarse más a la lámpara y permanecer más tiempo bajo ella. Cuanto más lejos nos pongamos de la lámpara, tanto menor será la densidad necesaria de los lentes o tanto mayor el tiempo que podamos permanecer en irradiación. Hay, por supuesto, infinitas combinaciones de estas tres variables dado que, obviamente, ellas están directamente correlacionadas.

El tiempo es un factor fácilmente entendible. Por ejemplo, si la radiación por unidad de tiempo permanece constante, en una hora se recibirá tres veces más radiación que en veinte minutos. Si se acorta el tiempo durante el cual se está expuesto a la radiación, la cantidad de radiación recibida disminuirá en igual medida. Es obvio, por lo tanto, que el tiempo de permanencia en un área de radiación debe ser mantenido en el mínimo necesario para la realización de la tarea.

La mejor protección que puede encontrar el bombero es la distancia. Esto se debe a que el riesgo de la radiación decrece con el cuadrado de la distancia medida desde la fuente. La tabla siguiente ilustra este punto en forma simple:

a 2 m de la fuente se recibe 4 veces menos "radiación que a 1 m												
a 3 m	"	"	"	"	"	9	"	"	"	"	"	"
a 4 m	"	"	"	"	"	16	"	"	"	"	"	"
a 5 m	"	"	"	"	"	25	"	"	"	"	"	"
a 6 m	"	"	"	"	"	36	"	"	"	"	"	"
a 10m	"	"	"	"	"	100	"	"	"	"	"	"
a 20m	"	"	"	"	"	400	"	"	"	"	"	"

El blindaje para radiación externa debe ser, para el caso que nos interesa, constituido por un material denso. El plomo y el hormigón son los materiales habitualmente usado con tal fin. Donde exista blindaje, éste debe ser usado en todo lo - que sea factible. Sin embargo, puede darse el caso de que no sea posible mantener el blindaje y cumplir con el objetivo de apagar el incendio. Además, el blindaje puede resultar destruido o no - haber existido antes de la emergencia. Por otra parte, resulta - prácticamente imposible la construcción de blindajes portátiles que puedan ser usados en estos casos de emergencia.

Resulta claro, entonces, que la mejor protección que puede encontrar un bombero es la combinación de permanecer tan lejos de la fuente como sea practicable, el menor tiempo que sea posible. Este principio general es válido para todas las operaciones de emergencia. En adición, por su puesto, debe usarse el menor número de personal compatible con el cumplimiento de un objetivo dado.

1.1.2. Dosis de Radiación permisibles

Es necesario saber qué "cantidad" de radiación puede absorber el organismo. Hay acuerdo general en que cualquier "cantidad" de radiación absorbida por el cuerpo aumenta la proba

bilidad de que se produzca un daño; pero, por su poder de recuperación, el cuerpo puede eventualmente restaurar ese daño sin que haya efectos permanentes en el individuo.

La "cantidad" de radiación absorbida se mide en Rad. Los trabajadores en plantas y laboratorios de energía atómica pueden recibir en condiciones normales de trabajo hasta 5 Rad por año. Estos límites son extremadamente bajos dado que se supone concebible que el trabajador continúe expuesto a radiación todos los días hábiles del resto de su vida. Pero muchas personas han recibido dosis de radiación mucho mayores que las citadas en períodos de tiempo muy cortos, debidas al uso médico de los rayos X. Por ejemplo en un estudio completo de columna vertebral pueden recibirse dosis de 50 Rad y las así llamadas series gastrointestinales pueden involucrar dosis de hasta 100 Rad en partes determinadas del organismo. (Téngase en cuenta que el estudio puede durar en total sólo algunos segundos). Estas dosis de radiación pueden ser recibidas por el organismo un dado número de veces, con intervalos largos entre exposiciones, durante los cuales el cuerpo puede eventualmente recuperarse de algunas lesiones producidas.

SIN EMBARGO, LO MAS IMPORTANTE DE ENTENDER ES EL HECHO DE QUE RECIBIR UNA DADA DOSIS EN UNA PORCION DEL CUERPO ES MUCHO MENOS SERIO QUE RECIBIR ESA MISMA DOSIS EN TODOS LOS PUNTOS DEL ORGANISMO.

1.1.3. Situaciones de emergencia

Es fácil comprender, por lo tanto, que el bombero u otra persona que actúe en una situación de emergencia podrían recibir sin una lesión permanente dosis de radiación mucho más altas que las permisibles a los empleados de la planta. El lí

mite de radiación recomendado "en una emergencia" es de 25 Rad en un episodio único.

Todo bombero tiende a salvar una vida humana aún arriesgando la propia. Siempre se hace una tentativa de rescate cuando existe la mínima posibilidad de éxito, aún cuando el salvador se quemé o tal vez muera, en el salvataje. Además, los métodos de extinción del fuego en áreas confinadas demandan que el bombero se exponga a la muerte o lesiones graves al realizar el objetivo de limitar el incendio a las zonas afectadas, con la mínima destrucción por las llamas o el agua. En efecto, casi todas las muertes o lesiones de bomberos ocurren comúnmente en operaciones de circunscripción del fuego y no en salvamentos o rescates espectaculares.

Recordando esto, el problema que se presenta es: ¿cuánto más de 25 Rad puede llegar a recibir un bombero cuando las circunstancias justifican riesgos de lesiones o muerte, sin exponerse a riesgos no proporcionados a los supuestos normalmente?

Los estudios realizados sobre personas irradiadas han demostrado que para dosis inferiores a 25 Rad no hay efectos clínicos detectables. Para dosis crecientes, menores de 100 Rad, sólo se observan - de realizarse exámenes sanguíneos - una disminución del número promedio de glóbulos blancos (linfocitos y neutrófilos) y un leve descenso del número de glóbulos rojos. En el orden de 100 Rad, el individuo tendrá síntomas de fatiga y sensaciones de náusea, siendo la probabilidad de muerte totalmente despreciable y la de producción de efectos retardados, comparable con la de aparición espontánea de dichos efectos en las personas que no han sido irradiadas.

Por tal razón las Normas Básicas de Seguridad Radiológica indican que no debe permitirse que en una emergencia una persona reciba más de 100 Rad aunque se preste voluntariamente a ello. Los funcionarios encargados de la extinción de incendios que encaran la posibilidad de un problema concreto surgido en este campo, deberían disponer que los funcionarios del departamento médico pertinente consultaran con los expertos calificados en el tema.

Lo mismo que en los trabajos de rutina, en los que se evita en lo posible la exposición innecesaria al humo, los gases tóxicos, los accidentes en las construcciones y otros riesgos, se debe evitar en el caso presente la exposición innecesaria a la radiación. Deberán usarse al máximo los factores "tiempo" y "distancia", para la protección del personal. El personal no deberá aproximarse a la zona de radiación más de lo requerido para cumplir la tarea asignada, y no permanecer en esa zona más del tiempo necesario. Además, la cantidad de personal ocupado en la zona radiactiva debe ser limitada al mínimo compatible con lo expresado anteriormente.

Por otra parte, DEBE RECORDARSE QUE LAS SEÑALES Y LOS CARTELES DE AVISO QUE INFORMAN SOBRE EL TIEMPO QUE SE PUEDE PERMANECER SIN PELIGRO EN UN LUGAR DETERMINADO, SE BASAN EN NIVELES PERMISIBLES, EXTREMADAMENTE BAJOS, PARA EXPOSICION RUTINARIA. El ritmo promedio de acumulación de dosis máxima permisible es de 100 mRad por semana, lo que equivale a 20 mRad por día de trabajo (1 mRad es la milésima parte de 1 Rad). Si en una zona determinada de la planta el nivel de radiación es de 40 mRad por hora se permitirá que un empleado esté expuesto a esa radiación durante media hora diariamente, a condición de no recibir otra radiación durante el día. Esto puede prolongarse indefinidamente

sin que el trabajador exceda la dosis permisible de radiación. La zona debería, pues, estar caracterizada por un cartel que diga "Se permite trabajar en este lugar durante media hora por día". Sin embargo el bombero puede recibir una dosis de emergencia de hasta 100 Rad (es decir de 100.000 mRad). En consecuencia, la cantidad de 20 mRad que recibiría en media hora, representa sólo dos diezmilésimos de su dosis de emergencia. Esto no debe interpretarse como una disminución de la seguridad para el bombero, sino que refleja el hecho de que, dado que está rara vez expuesto a la radiación, puede recibir dosis mayores que los trabajadores expuestos diariamente a ella. En efecto, aún los trabajadores expuestos diariamente a la radiación pueden recibir niveles superiores, siempre que éstos sean promediados en un período de 13 semanas con dosis de radiación inferiores.

LO DICHO ANTERIORMENTE DA UNA IDEA DEL ENORME GRADO DE DIFERENCIA EXISTENTE ENTRE LOS NIVELES DE RADIACION PERMITIDOS NORMALMENTE EN LA PLANTA, Y LOS QUE SE SUPONE SON SEGUROS PARA EMERGENCIAS COMO LAS QUE DEBEN RESOLVER LOS BOMBEROS. POR ESTA RAZON LOS PROBLEMAS DE ESTE TIPO DEBEN SER DISCUTIDOS CON EL DEPARTAMENTO ENCARGADO DE LA SEGURIDAD EN LAS PLANTAS, Y NO CON EL PERSONAL COMEN DE LAS MISMAS, CUYO CONOCIMIENTO DE LOS PELIGROS DE LA RADIACION PUEDE ESTAR LIMITADO AL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS, REGLAMENTACIONES Y CODIGOS DE PRACTICA DESTINADOS A MANTENER LA EXPOSICION A NIVELES PERMISIBLES MUY BAJOS (O INFERIORES A ESTOS) ESTABLECIDOS PARA LOS TRABAJADORES EN LA INDUSTRIA ATOMICA.

Debe recordarse que la dosis máxima de 100 Rad no debe ser sobrepasada en ningún caso, por lo que se insiste nuevamente en la necesidad del planeamiento previo de las ope

raciones contra incendio en las zonas peligrosamente radiactivas, y en la limitación de la cantidad de personas ocupadas y de los tiempos de exposición a los mínimos necesarios. De no ser así, podría sobrevenir la situación de que varios miembros del cuerpo de bomberos expuestos al peligro de radiación hayan recibido una parte substancial de la dosis de emergencia permitida, o su totalidad, por lo que no deberían ser ya expuestos en otras situaciones de emergencia. Esto podría crear problemas de clasificación del personal disponible, lo que es especialmente lamentable si la exposición no hubiera sido necesaria anteriormente. Para formarse una idea en este tema puede imaginarse que toda persona tiene un "depósito bancario" de 100 Rad de radiación, pudiendo usar los servicios de la "cuenta" en los casos de emergencia. Estos 100 Rad "en el banco" deben ser usado con la mayor economía posible. Una filosofía de ese tipo llevará a la exposición mínima del personal y al mínimo de complicaciones en aquellos casos en los que la radiación sea un problema real en la extinción de incendios o en otros casos de emergencia.

1.1.4. Instrumentos de monitoraje

El uso de determinados instrumentos permite la determinación de la cantidad de radiación externa recibida en cualquier zona. Los contadores Geiger y las cámaras de ionización son instrumentos de ese tipo. El uso práctico de estos instrumentos es apenas más complicado, en cuanto a su lectura, que el del velocímetro de un automóvil.

La dotación de bomberos que acude para apagar un incendio que incluya peligros de radiación debe tener acceso a los instrumentos detectores apropiados y saber manejarlos.

Todos esos instrumentos miden la dosis por unidad de tiempo recibida por el detector de radiación. Para obtener la dosis total recibida en un dado intervalo de tiempo es preciso multiplicar la lectura por la cantidad de tiempo que la persona ha estado expuesta a la radiación. El uso práctico del instrumento permite al operador obtener a partir de la dosis de radiación señalada por el instrumento, el límite de tiempo para el personal expuesto a la radiación.

Existen otros aparatos destinados a la medición externa recibida por una persona: ellos son los monitores fotográficos y las cámaras de ionización de bolsillo. Dichos detectores son provistos regularmente a los trabajadores en las áreas en las que existen riesgos de radiación externa y se los lee con equipos desarrollados con ese fin. En general existen aparatos de ese tipo para uso de visitas, los que pueden también ser usados por el personal de emergencia que penetra en áreas de radiación. En los casos en que no existiera bastante material como para proveer dosímetros a todo el personal de emergencia, resulta práctico proporcionar monitores de película o dosímetros al jefe de cada unidad, suponiendo que los miembros de la misma trabajen conjuntamente y reciban a los fines prácticos la misma dosis de radiación.

Los dosímetros de bolsillo deben ser conservados en lugares secos y ser cargados en caso de necesidad con un cargador portátil. Si bien los monitores fotográficos proveen un registro permanente por períodos de hasta unos 6 meses, la información no puede ser obtenida hasta ser revelados, tarea esta que debe ser efectuada en el laboratorio. Los dosímetros de bolsillo, en cambio, no proveen un registro permanente, pero pueden indicar inmediatamente la dosis recibida.

1.2. LA RADIACION INTERNA

Como se ha definido anteriormente, la radiación interna es la producida por la acción de materiales radiactivos asimilados en el cuerpo. Esto, quizá, pueda entenderse más fácilmente considerándolos como venenos; esto es, como materiales que introducidos en el cuerpo en cantidad suficiente, perjudican el organismo. Los materiales radiactivos producen, como los venenos, efectos variables y diferentes según las partes del cuerpo que ataquen. La protección es similar. Cuando ello sea necesario, el personal deberá usar máscaras respiratorias, o equipos de tipo filtro, equivalentes a "filtrado absoluto", obtenibles en compañías especializadas en el campo de la protección respiratoria. Esos equipos proveen protección contra la absorción de partículas radiactivas por la respiración o deglución. Las precauciones secundarias incluyen un lavado minucioso después de toda operación de ese tipo; en no fumar ni comer en la zona contaminada; y, siempre que sea necesario, el uso de vestimenta destructible o lavable del tipo escafandra.

En una situación de emergencia, en la que posiblemente ese equipo no fuera obtenible rápidamente, puede resultar necesario examinar a posteriori la vestimenta del personal, las mangueras y otros equipos utilizados, para determinar la contaminación radiactiva remanente en ellos. Cuando se detecte en las ropas un nivel de contaminación superior a la que permiten las normas establecidas, puede resultar necesario almacenarlas en un lugar seguro hasta que por decaimiento la contaminación haya disminuido a niveles aceptables o - en caso contrario - lavarlas en equipos especiales donde el agua sea procesada para impedir la contaminación del sistema cloacal o de desagüe. En casos muy raros puede ser ne-

cesaria la destrucción de la ropa o el equipo.

Las siguientes pueden ser recomendaciones para el jefe de la dotación de bomberos que debe actuar en un caso de incendio en el que la contaminación radiactiva sea un factor - grave:

- 1) Estacionar las autobombas y/o equipos extinguidores en forma tal que el viento, si lo hay, no lleve el material radiactivo hacia ellas, y en todo caso fuera de la zona de humo.
- 2) Una vez que los bomberos se hallen en la zona de contaminación limitar sus desplazamientos a un área determinada, para evitar la dispersión del material radiactivo por la contaminación del calzado y elementos de trabajo.
- 3) El movimiento de herramientas y equipos de la autobomba debe ser efectuado por el conductor u otros miembros que no han estado en la zona contaminada. La contaminación del aparato podría mantenerlo fuera de servicio durante horas y hasta días.
- 4) Las herramientas y los equipos usados en la extinción del incendio deben ser agrupados en un lugar, para su posterior examen y eventual decontaminación, antes de ser colocados nuevamente en la autobomba.
- 5) Las mangueras usadas deben ser dejadas secar en el lugar, para su examen y eventual decontaminación.
- 6) Precaución: En el caso de que la emergencia haya determinado el uso de máscaras, no deben ser quitadas porque haya desaparecido el humo, sino recién cuando el personal especializado haya monitorado la zona y determine la inexistencia del riesgo de inhalación.

No es práctico el monitoraje inmediato de la contaminación del aire. Se sacan muestras de aire aspirándolo a través de papeles de filtro con aspiradoras de alta velocidad. Luego se analizan dichos filtros en el laboratorio, y se determina el nivel de contaminación presente en el momento del incendio. Esta información carece de interés inmediato, dado que en las emergencias graves deberá ser observado el principio de protección - primario, es decir, el uso de equipos respiratorios.

C A P I T U L O I I

P L A N E A M I E N T O P R E V I O

2.1. Generalidades

Algo que distingue al jefe de bomberos moderno de sus predecesores, es el hecho de que los actuales cuerpos de bomberos actúan ante una emergencia provistos de la información referente a los riesgos que pueden esperarlos en el lugar del incendio y a las situaciones especiales que dificultan la extinción del fuego, reunida mediante un sistema de inspecciones e informes. El cuerpo de bomberos puede así descubrir los riesgos de las industrias en cada área, y mediante consultas con los directores responsables y autoridades en la materia, prepararse adecuadamente con los equipos y los conocimientos necesarios para tratar una determinada situación cuando ella se presente.

El mismo procedimiento debería ser aplicado con respecto a los peligros provocados por la radiación. Cuando una inspección de rutina revela que se manejan materiales radiactivos en una planta o en un laboratorio, el funcionario responsable debería entrar en contacto con los directores de la planta y

discutir con ellos y con el personal de seguridad la situación presentada. En esta consulta pueden evaluarse los riesgos específicos que puedan enfretarse en posibles situaciones de incendio, aprobando o descartando, según sea el caso, las medidas pasivas y activas propuestas. A través del programa de entrenamiento del departamento pertinente, esta información es a su vez comunicada a todo el personal que resulte involucrado.

Con respecto a las operaciones para extinción de incendios, el uso de agua como niebla es preferible al chorro directo, para evitar el derramamiento de agua en grandes cantidades, lo que podría dispersar el material radiactivo por toda la planta. Se debe recordar que, especialmente los laboratorios, un nivel general de radiación -aunque bajo para ser peligroso - puede inutilizar un edificio respecto a los fines científicos, dado que la radiación de fondo interferiría con los instrumentos de medición usados en los experimentos. Por otra parte los chorros compactos pueden destrozar los elementos de vidrio y producir la consiguiente liberación de materiales radiactivos.

Donde se trabaje con material radiactivo, el problema del sistema de ventilación debe ser estudiado cuidadosamente. La información obtenida será útil para determinar si el mismo debe continuar en funcionamiento durante el incendio o si debe ser detenido.

Después del incendio puede ser necesario someter al personal a un examen médico y proveer muestras para exámenes en el laboratorio. Estas precauciones son de rutina y no diferentes de los exámenes médicos y tomas de muestras que puedan ser efectuados después de una exposición a un gas tóxico como, por ejemplo, el monóxido de carbono.

2.2. Incendios que involucran máquinas generadoras de radiación.

Estos aparatos incluyen los conocidos equipos de rayos X, y los ciclotrones, aceleradores Cockcroft-Walton, generadores Van de Graaf, aceleradores lineales y betatrones. Todos estos aparatos producen grandes cantidades de radiación de diferente tipo y durante su funcionamiento normal están blindados por paredes de concreto o de plomo, o ubicados detrás de terraplenes o de grandes zonas cercadas en las que la distancia es un medio protector tan eficaz como un blindaje. Todos esos aparatos requieren considerables cantidades de electricidad para su funcionamiento. Debido a las constantes regulaciones que deben ser efectuadas, el aparato nunca funciona sin atención de personal calificado. En general se prevén circuitos de interrupción, para impedir que alguna persona penetre en la zona de peligro mientras la máquina está funcionando.

Se pueden presentar cinco problemas:

- 1) El alto nivel de radiación desprendido por la máquina en funcionamiento.
- 2) La posible presencia de considerables cantidades de aceite refrigerante, ya sea en el aparato o en los transformadores eléctricos acoplados.
- 3) La presencia de un equipo eléctrico de alto voltaje.
- 4) La presencia de un "Blanco radiactivo" en el interior de la máquina.
- 5) El posible uso de considerables cantidades de parafina como blindaje.

En cuanto se presente una emergencia, obviamente el primer paso consiste en cortar el suministro de energía eléctrica a la instalación. Esto elimina el riesgo de electrocu-

ción y la generación de radiación en la máquina. Subsiste sólo el problema de un posible incendio del aceite o del "blanco" (hecho radiactivo por la radiación generada por la máquina) el que sigue emitiendo radiaciones después de interrumpir el funcionamiento del aparato.

En adelante se hablará de los ciclotrones, dado que los problemas básicos para la protección en caso de incendio son los mismos cualquiera sea el tipo de aparato de radiación implicado, con la salvedad de que en un equipo de rayos X y generalmente en los betatrones no existirán los "blancos radiactivos". Los ciclotrones pueden ser enfriados a agua o a aceite. El ciclotrón enfriado a agua presenta pocos riesgos de incendio, dado que en general la cantidad de aceite está limitada a las bombas de vacío y equipos similares. Un incendio típico producido en una de esas unidades es fácilmente extinguido aplicando polvo químico o dióxido de carbono de instalaciones fijas o portátiles.

Un incendio producido en un ciclotrón refrigerado a aceite, o en un transformador eléctrico lleno de aceite inflamable que puede encontrarse en conexión con cualquier máquina de radiación, presenta un problema muy diferente. Si la inflamación del aceite no es controlable rápidamente con el equipo manual de dióxido de carbono, el mejor ataque posible del incendio deberá ser efectuado sin tener en cuenta el "daño por el agua" producido en el equipo eléctrico, usando todos los medios disponibles. En efecto, el daño total es mucho menor cuando el fuego es atacado energicamente en las fases iniciales con niebla o espuma mecánica, sin permitir que el incendio continúe incontrolado y determine la deformación de partes de la estructura y da-

ños producidos por el humo. (Los daños por humo provenientes de un incendio de ese tipo resultan del hecho de que los aceites están muy cargados de azufre. El azufre y el humo del aceite se hidrolizan con el agua en el aire y forman ácido sulfúrico, el que al depositarse sobre los contactos eléctricos los inutiliza, por lo que será necesario desechar todos los equipos).

Un incendio generalizado en un ciclotrón colocado en una bóveda de cemento se parece mucho al incendio en el cuarto de calderas de un barco, y debe ser combatido en forma similar mediante el uso de niebla o espuma mecánica.

Los métodos de ataque y los obstáculos con que se puede tropezar, deben ser expuestos en el examen previo de los posibles incendios. Este examen debe partir de la premisa de que el incendio será combatido con uno u otro medio, dado que no es justificable la teoría de que "es preferible permitir que el incendio continúe y no tratar de extinguirlo, porque el daño total será menor".

Después de la extinción del incendio el personal técnico debe penetrar en la zona para recuperar con medios apropiados el "blanco radiactivo" (en el caso que lo hubiera) ubicado en el aparato, para que no represente un peligro para el personal que revisa el lugar del incendio. Una vez recuperado el blanco no debe existir preocupación en modo alguno con respecto a la radiación del ciclotrón mismo. De todas formas debe recordarse que en el recinto puede haber presente -por cualquier motivo- otros materiales radiactivos.

Cuando el ciclotrón está ubicado en una construcción combustible, incluida en un incendio, éste debe ser atacado inmediatamente con energía máxima, a fin de extinguirlo cuan

to antes. Aunque el daño producido por el agua en las máquinas pueda parecer vasto después de apagado el fuego, las máquinas o los equipos mojados con agua, pueden ser limpiados y usados, mientras que los deformados por el calor deberán ser desechados.

Otro riesgo presente cerca de los ciclotrones es la presencia de cantidades considerables de parafina. Los ciclotrones producen (con ciertos blancos) partículas atómicas llamadas neutrones, que son convenientemente detenidas por materiales que contienen gran cantidad de hidrógeno en su composición. Entre tales materiales están el agua y la parafina. El uso de grandes cantidades de parafina, especialmente en bloques para protección de techos y paredes, no es aconsejable, dado que es difícil la protección contra el fuego de esa instalación. Sin embargo se usan cantidades reducidas de parafina para la protección local y en los colimadores.

Existiendo grandes cantidades de parafina se debe ser muy prudente en las operaciones de extinción del fuego, sobre todo si se desprenden vapores blancos densos característicos de la parafina, cuya temperatura de autoencendido es muy baja. El riesgo puede entenderse si se coloca sobre un mechero un tubo de ensayo que contenga en el fondo unos grancs de parafina solidificada. La parafina primero se derretirá y luego desprenderá vapores blancos, que al alcanzar la temperatura de autoencendido se encendrán.

SABIENDO QUE LA PARAFINA SE ESTA EVAPORANDO, NO DEBE INTENTARSE EL INGRESO AL RECINTO INCENDIADO HASTA QUE HAYA OCURRIDO EL AUTOENCENDIDO DEL VAPEOR O HASTA QUE EL AGUA ARROJADA HAYA ENFRIADO LA PARAFINA HASTA DEBAJO DEL PUNTO DE EVAPORACION.

2.3. Incendios en laboratorios de radioisótopos

Existen laboratorios que manejan radioisótopos

en los hospitales, las universidades, los centros de investigación y las organizaciones industriales. Un radioisótopo es simplemente una forma radiactiva de un material común. Químicamente un radioisótopo no es distinguible de un isótopo no-radiactivo del mismo material. Por eso, en cuanto al riesgo de incendio del isótopo mismo, no existe diferencia entre la forma radiactiva y la forma no-radiactiva. Sin embargo, aún si el isótopo fuera combustible, rara vez estaría presente en una cantidad suficiente para constituir un riesgo de incendio. De modo que el problema es la presencia del radioisótopo cuando por alguna razón normal ocurre un incendio en el laboratorio.

En todos los casos en que no haya sido efectuada una evaluación previa del peligro, o cuando en el momento del incendio no se disponga de personal técnicamente experto, las reglas de protección generales -es decir el uso de máscaras y los factores tiempo, distancia y protección- deben ser observadas.

Las operaciones de extinción de incendios deben ser conducidas evitando el derrame excesivo de agua, por lo que son fuertemente recomendables los dispositivos de niebla o espuma. Esto es especialmente importante en un laboratorio, porque la dispersión de material radiactivo en el mismo (aún con un nivel demasiado bajo como para poner en peligro los seres humanos), puede interferir seriamente en las investigaciones, cambiando las mediciones, lo que requeriría una decontaminación larga y costosa. Debe evitarse cuidadosamente la rotura de aparatos, la apertura de envases sellados y la destrucción de bloques de plomo que protege los materiales experimentales. Cuando el fuego ha sido controlado antes de llegar uno de los jefes de la institución, la revisión debe ser diferida hasta que la situación pueda ser discutida por am-

bas partes y haya sido desarrollada una solución para el problema en cuestión.

En las plantas donde se manipulan materiales radiactivos no selladas puede ser preciso que el aire que abandona la planta pase por un sistema de filtros, para eliminar del mismo los materiales radiactivos y evitar la contaminación de los alrededores. La mayor parte de los materiales de los filtros es combustible o incluyen el uso de aceites combustibles. Algunos filtros están protegidos por sistemas de dióxido de carbono, rociadores automáticos o manuales.

Un incendio en esos filtros debe ser atacado y suprimido a la mayor brevedad, dado que el fuego libera en la atmósfera los materiales radiactivos que el filtro recogió.

En muchos procesos de producción los materiales radiactivos son disueltos en líquidos inflamables y aunque no aumentan los peligros de inflamación, presentan el problema de humo contaminado. En caso de incendio, el derrame de agua de los sistemas rociadores o los chorros de agua pueden dispersar la contaminación por toda la planta; por tal razón debe usarse como método extintor más apropiado la espuma química o mecánica.

2.4. Incendios en laboratorios o recintos con fuentes muy activas

Sabiendo que el laboratorio contiene fuentes radiactivas muy intensas, (como por ejemplo "bombas de cobalto" del orden de mil curies), la ubicación exacta de dicha fuente debe ser conocida por todo el personal. Naturalmente esas fuentes se encuentran en envases macizos de plomo y tungsteno y, en el caso de aplicaciones médicas y algunas industriales, ubicadas dentro de bóvedas de hormigón. Sin embargo en el caso de un incendio general o derrumbe existe la posibilidad de que el blindaje se rompa y la fuente es

cape. Existiendo esa posibilidad, la aproximación a la zona sólo debe ser permitida después que haya sido monitorada por personal idóneo del cuerpo de bomberos o por representantes de la Institución. El planeamiento previo podría indicar la necesidad de una consideración especial de esas fuentes intesamente radiactivas, con el objeto de impedir que el fuego abarque el cabezal que aloja la fuente, o para disponer que dicho cabezal se mantenga enfriado (en la misma forma en que se toman medidas para enfriar los tanques de solventes inflamables en el caso de incendio de una planta química).

2.5. Incendio de uranio metálico

El uranio metálico es pirofórico. En forma de polvo, o aún de astillas o pequeños fragmentos provenientes de su maquinado, puede encenderse espontáneamente. Esto se previene transportando los fragmentos bajo aceite. No se sabe con seguridad si los trozos de uranio sólido se encienden espontáneamente, pero en todo caso cuando se los somete a un fuego proveniente de una fuente externa se encenderán o se oxidarán. La "ceniza" proveniente de la combustión del uranio es el óxido de uranio. Dichas "cenizas" deben ser conservadas cuidadosamente, dado que el uranio es un material valioso y que el óxido es reconvertible a uranio metálico mediante procesos especiales.

Lo mismo que en caso de otros metales pirofóricos, al contacto en el agua el uranio metálico encendido produce un desprendimiento de hidrógeno. En un área confinada este gas puede comprimirse y encenderse causando una grave explosión. Sin embargo, un incendio de poca cantidad de uranio metálico puede ser combatido sumergiéndolo en abundante cantidad de agua, en tambores al aire libre. El personal, provisto de protectores faciales, guantes

y palas de cabo largo toma el material encendido y lo introduce en el agua, sin mayores riesgos; el hidrógeno que se desprende se quema en la parte superior del tambor sin crear peligro de explosión. El riesgo de radiactividad del uranio natural es muy bajo; el uranio es en realidad un veneno metálico, como el plomo, aunque varias veces menos tóxico que éste. Los riesgos para los bomberos en el caso de un incendio que incluye uranio natural son menores que los presentes en un incendio de pintura a base de plomo.

ES MUY IMPORTANTE QUE LO DICHO SEA LEIDO EN CONEXION CON EL PUNTO SIGUIENTE REFERENTE A MATERIALES FISIONABLES, PORQUE EL USO DE AGUA AL COMBATIR UN INCENDIO QUE INCLUYE URANIO ENRIQUECIDO ESTA GENERALMENTE PROHIBIDO.

2.6. Incendio de materiales fisionables

Los materiales capaces de producir una reacción en cadena automantenida al estar dispuestos en determinadas formas y cantidades, se llaman materiales fisionables. Es prácticamente imposible que el uranio natural sufra bajo circunstancias accidentales una reacción en cadena automantenida. Aproximadamente un 1/140 del uranio en su estado natural es el isótopo fisionable U-235; el resto es U-238, no fisionable. Al material tratado para eliminar el U-238 y que contiene por lo tanto una proporción mayor de U-235, se lo llama uranio enriquecido y es un material fisionable.

El plutonio es un elemento fabricado por el hombre en los reactores atómicos y es también un material fisionable.

EN EL CASO DEL URANIO ENRIQUECIDO Y DEL PLUTONIO, EL USO DEL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR EN CASO DE INCENDIO ES INCONVENIENTE Y DEBE SER PROHIBIDO, no por razones debidas a sus

propiedades químicas, sino a sus características nucleares.

Los materiales fisionables producen reacción en cadena al ser dispuestos en determinadas cantidades y formas. La presencia de un material hidrogenado, como el agua, puede reducir la cantidad de material fisionable requerida para producir una reacción espontánea. Sin embargo, el solo hecho de que un material fisionable sea inundado con agua, no producirá necesariamente una fisión accidental. Las condiciones para la disposición del material son tan complejas que la posibilidad de la producción accidental de una reacción en cadena bajo condiciones de inundación, es remota. Pero a fin de rodear el manejo de los materiales fisionables de todas las precauciones posibles, hasta esa posibilidad remota es eliminada mediante la prohibición del uso de agua, salvo bajo las directivas de un experto en el campo de las reacciones en cadena o en criticidad, como se denomina científicamente el tema.

SI FRACASARAN TODAS LAS PRECAUCIONES, Y SE PRODUJERA UNA FISIÓN ACCIDENTAL, LOS RESULTADOS NO SON (NI LEJOS) TAN GRAVES COMO PODRIA SUPONERSE. Con toda seguridad no ocurrirá una explosión atómica similar a la producida por una bomba atómica. La razón es simple. Uno de los problemas principales en la fabricación de una bomba atómica consiste, explicado en forma elemental, en mantenerla entera durante un tiempo lo bastante largo como para obtener la máxima fuerza explosiva posible, dado que la tendencia de la reacción nuclear es desintegrar inmediatamente el material fisionable y dispersarlo, interrumpiendo así la fisión. La situación es comparable con la diferencia entre la explosión de un cartucho de dinamita y la combustión de ese mismo cartucho desmenuzado y encendido después de dispersar los trozos sobre el suelo.

La fisión atómica accidental sería muy parecida a una explosión regularmente grave en una planta química, por

lo que puede ocurrir un grave daño local. Las personas en la vecindad inmediata sufrirían las lesiones graves, o hasta fatales, producidas por la radiación, y la zona circundante quedaría considerablemente contaminada. No es probable que se produjera un incendio prolongado resultante del calor liberado en la reacción nuclear.

Naturalmente, en las estaciones donde se manipulan materiales fisionables, los bomberos deben recibir instrucciones detalladas, dependientes de la naturaleza del riesgo incluido. Como principio general, la acción de emergencia después de un accidente de radiación deberá ser dirigida por personal entrenado en este campo específico.

Las personas de las cuales se sospecha que han recibido dosis graves de radiación deben ser transportadas a zonas convenientes para su observación, mientras se efectúan estimaciones de las dosis recibidas, evitándoles la realización de todo ejercicio innecesario. Las personas con cantidades sustanciales de materiales radiactivos en su ropa o en sus cuerpos deben ser decontaminadas lo más rápidamente posible. La ropa contaminada debe ser quitada y la primera decontaminación del cuerpo debe efectuarse con agua y jabón o detergente, evitando lesionar la piel. Cuando esas personas han sufrido una lesión física o altas dosis de radiación, la decontaminación debe ser efectuada bajo la dirección de un médico.

2.7. Incendio durante el transporte de materiales radiactivos

Los radioisótopos producidos o fraccionados por la C.N.E.A. son enviados a los usuarios por conductos comerciales convencionales. Estos conductos pueden incluir el transporte aéreo, el ferrocarril o el camión. Como regla general, el método de transporte aéreo está limitado a los isótopos para los que la velo

cidad de recepción por parte del usuario es esencial, debido a la rapidez de su decaimiento. Estos materiales son -en general- menos peligrosos que los isótopos con período de semidesintegración muy largo. Sin embargo no es posible establecer reglas estrictas sobre el tema. Naturalmente, en un caso de accidente de ese tipo, lo primordial es el rescate de las personas y la supresión del incendio en el avión. En esos casos, la revisión debe ser realizada muy cuidadosamente para que los restos del avión queden intactos y los integrantes de la Junta de Investigación de Accidentes de Aviación puedan estudiar y determinar las causas del accidente, y evitar así eventualmente su repetición.

Cuando se sepa que el avión transportaba materiales radiactivos se debe inspeccionar la zona con un aparato detector de radiación. Si los paquetes se han abierto, los materiales radiactivos pueden ser localizados fácilmente y en el caso de haberse dispersado, la zona de contaminación debe ser rápidamente determinada. Cuando los paquetes no se han abierto, la localización del material es más difícil, porque el empaquetamiento se efectúa reduciendo a niveles bajos la radiación sobre la superficie del paquete. Esto significa, sin embargo, que no representan riesgo alguno para el personal que actúe en la emergencia.

En el transporte por ferrocarril o por camión, la presencia de objetos de plomo muy pesados deberán hacer sospechar a los bomberos que pueden estar en presencia de radioisótopos, aún cuando los mambres y carteles hayan sido destruídos por el fuego, dado que el plomo es tan pesado que no es probable que se lo transporte por expreso, a no ser con el fin específico de proteger materiales radiactivos. Se deberá efectuar un examen de la zona, por personal idóneo, para determinar el grado de riesgo que eventualmen

te exista. Cuando se sepa o se sospeche que hay materiales radiactivos incluidos en el accidente o en el incendio, deberán tomarse las medidas básicas de precaución expuestas anteriormente.

Los materiales radiactivos peligrosos son transportados en compañía de personal entrenado en los procedimientos necesarios en caso de emergencia. Sin embargo, es concebible que uno de esos transportes por camión o tren quede involucrado en un accidente, y que el personal entrenado quede incapacitado.

Tratándose de combatir un incendio en un camión que se sabe contiene cargas pertenecientes a la C.N.E.A, deben observarse las indicaciones aquí establecidas desarrolladas para asegurar la máxima protección del personal de emergencia y los alrededores, y -si fuera posible- una pérdida mínima de los materiales de la C.N.E.A.

- 1) Seguir las sugerencias del personal entrenado que acompañe el transporte. Estará provisto con los instrumentos, el equipo de protección personal y los equipos especiales para extinción de incendios determinados por la naturaleza del material transportado.
- 2) Ayudar en cualquier forma a dicho personal, incluso con llamados telefónicos, con obtención de ayuda de la policía, etc.
- 3) Cuando no haya personal entrenado, o esté incapacitado, observar las reglas siguientes:
 - a) Si existe en el camión un letrero pidiendo sea notificada una oficina especial, notificar inmediatamente a esa oficina por llamado telefónico.
 - b) Notificar a las autoridades policiales más cercanas, pidiendo una guardia adecuada en el escenario del accidente.
 - c) Si estuviera expuesto el contenido de la carga, tratar de impedir la toma de fotografías o en caso de que sean tomadas, obtener si fuera posible, los nombres de los

fotógrafos.

- d) Aprovechar cualquier protección ofrecida por acequias en el borde del camino, por otros vehículos, etc. (en forma similar a lo que se haría en el caso de incendio de un camión de carga cuyo contenido no se conoce, pero del cual se sospecha sea explosivo).
- e) Combatir el incendio desde una posición que no sea contra el viento, atacando con el máximo caudal disponible mediante chorros de agua desde un punto lo bastante apartado como para que el chorro se desparrame en lluvia. SI ESTO PRODUCE REACCIONES VIOLENTAS (COMO LAS REACCIONES AGUA-SODIO) INTERRUMPIR EL USO DE AGUA. Cuando el camión no expone a otra propiedad, permitir la autoextinción del fuego. Cuando el camión expone a otra propiedad, tratar de remolcarlo al lugar más próximo en el que pueda autoextinguirse el fuego.
- f) Cuando el uso del agua no produce una reacción violenta, mojar y extinguir el fuego (no inundando)..
- g) Cuando la carga parece consistir en paquetes separados, no todos abarcados por el fuego, tratar de impedir su propagación. Pueden resultar útiles pértigas con picas o cables de remolque, para separar los paquetes incendiados de los no perjudicados.
- h) No terminar la inspección del fuego hasta la llegada de funcionarios de la C.N.E.A.
- i) Establecer una guardia en la zona, y cuidar que no sea removido material alguno del lugar del accidente.
- j) Cuando el incendio expone envases que parecen cilindros comunes de gas que aún no han sido afectados, debe efectuarse cualquier esfuerzo para obtener el control del fuego y mantener los cilindros enfriados, de modo que la expansión no produzca la ruptura del disco de seguridad, liberando los contenidos.

NOTA IMPORTANTE: ES IMPOSIBLE LA OCURRENCIA DE UNA EXPLOSION ATOMICA EN CUALQUIER ACCIDENTE QUE SE PRODUZCA DURANTE EL TRANSPORTE. SI OCURRIERA UNA EXPLOSION SERA DE TIPO QUIMICO, TIPICA DE REACCIONES METAL-AGUA, O PRODUCIDA POR GASES O LIQUIDOS INFLAMABLES.

En el caso de que un camión de la C.N.E.A. resultara afectado por un accidente sin incendio grave o sin incendio alguno y no estuviera muy destruído, puede ser movido por medios normales a un lugar conveniente donde pueda ser mantenido bajo guardia. Cuando el camión ha sido destrozado y la carga esté dispersada, lo mejor será desviar el tránsito y colocar una guardia hasta que llegue al lugar personal de la C.N.E.A.-