

EL ACCIDENTE DE CHERNÓBIL, 19 AÑOS DESPUÉS

EL ACCIDENTE DE CHERNÓBIL

ÍNDICE

Introducción	3
Consecuencias del accidente	4
El accidente: Causas políticas y sociales y el diseño de RBMK-1000	6
Situación actual y perspectivas de futuro de Chernóbil	9
Conclusiones	12

ANEXOS

- Traducción de las conclusiones del informe de la Organización Mundial de la Salud de Naciones Unidas. 1995 14
- Traducción de las conclusiones de los capítulos del informe de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE. 1995 16
- Glosario de unidades radiológicas 21

INTRODUCCIÓN

En la madrugada del 25 al 26 de abril de 1986 tuvo lugar en la antigua Unión Soviética un accidente nuclear en la unidad 4 de la central de Chernóbil. Esta planta, situada en Ucrania, disponía de cuatro unidades del modelo soviético RBMK, moderado por grafito y refrigerado por agua. Ahora se cumplen 19 años de aquel trágico suceso.

En el accidente de Chernóbil el combustible nuclear se desintegró y salió de las vainas, entrando en contacto con el agua empleada para refrigerar el núcleo del reactor. A la una y 23 minutos de la madrugada se produjo una gran explosión, y unos segundos más tarde una segunda hizo volar por los aires la losa del reactor y las paredes de hormigón de la sala del reactor, lanzando fragmentos de grafito, combustible nuclear fuera de la central y polvo radiactivo a la atmósfera. Se estima que la cantidad de material radiactivo liberado fue 200 veces superior al de las explosiones de Hiroshima y Nagasaki.

Aunque el accidente tuvo lugar por un claro error humano, hay que tener en cuenta los factores sociales y políticos de la Unión Soviética en aquel momento. La falta de una estructura social democrática implicaba una ausencia de control de la sociedad sobre la operación de las centrales nucleares y de una “cultura de seguridad”. Posiblemente, el temor de los operadores a no cumplir las instrucciones recibidas desde Moscú, les llevó a desmontar los sistemas de seguridad esenciales para el control del reactor.

Tampoco existía ningún Órgano Regulador de la Seguridad Nuclear que llevase a cabo con autoridad propia e independencia la inspección y evaluación de la seguridad de las instalaciones nucleares.

En cuanto a los aspectos técnicos de seguridad del reactor, hay que tener en cuenta que en los reactores RBMK no existe ningún sistema de confinamiento que cubra el circuito primario y tampoco hay edificio de contención capaz de retener los productos de fisión en caso de accidente, como ocurre en los reactores occidentales.

El accidente de enormes repercusiones en la zona situada alrededor de la central que incluye áreas de Ucrania y de la cercana Bielorusia, fue catalogado como de nivel 7 (“accidente nuclear grave”), máximo nivel de la Escala Internacional de Sucesos nucleares (Escala INES) del OIEA, Organismo Internacional de Energía Atómica de Naciones Unidas, con sede en Viena.

CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE

Las dos explosiones producidas lanzaron una gran cantidad de productos radiactivos y grafito al exterior, y pusieron en contacto el núcleo con la atmósfera. Los productos más pesados fueron cayendo cerca de la instalación, y los más ligeros formaron una pluma de 1 km de altura.

El comienzo de un incendio aumentó los efectos de dispersión de los productos radiactivos y el calor acumulado por el grafito dio mayor magnitud al incendio y a la consiguiente dispersión atmosférica. Hasta el día 9 de mayo no se consiguió apagar el fuego, a pesar de los ingentes medios utilizados por la Unión Soviética para contrarrestarlo.

El total de productos radiactivos desprendidos y difundidos a la atmósfera alcanzó el 100% del Xenon 133 del inventario del reactor, entre el 50/60% del Yodo 131, entre el 20/40% del Cesio 134 y del Cesio 137, entre el 25/60% del Teluro 132, etc.

Estos productos se depositaron de forma desigual, dependiendo de su volatilidad y de las lluvias durante esos días. Los más pesados se encontraron dentro de un radio de 100 km y los más volátiles alcanzaron grandes distancias y su deposición en sitios concretos dependió mucho de las lluvias locales.

Además de zonas de Ucrania y Bielorusia, la contaminación radiactiva alcanzó la parte europea de la Unión Soviética y en menor grado otros países europeos. De hecho, el accidente se conoció por un incremento de radiactividad ambiental detectado en una central nuclear sueca. Trazas de la pluma radiactiva se detectaron en lugares del hemisferio norte tan lejos como Estados Unidos o Japón. En el hemisferio sur no se detectó ningún impacto.

En España, el Consejo de Seguridad Nuclear realizó un seguimiento exhaustivo del impacto radiológico y concluyó, en el informe que mandó al Parlamento, que se habían detectado pequeñas cantidades, principalmente de Yodo 131 y Cesio 137, en el territorio nacional, sobre todo en las regiones mediterráneas y Baleares. Estas cantidades estaban en general por debajo de los límites de detección y cuando no, sus valores estaban muy por debajo de los límites considerados como aceptables.

El Consejo de Seguridad Nuclear concluyó que, en el caso más desfavorable, la dosis a una persona sería menor que 1 mRem, valor más de 100 veces por debajo de la dosis que se recibe por la radiactividad natural y, por tanto, sin ninguna incidencia en la salud de la población española.

Las consecuencias inmediatas del accidente sobre la salud de las personas fueron las siguientes:
-237 personas mostraron síntomas del *Síndrome de Irradiación Aguda (SIA)*, confirmándose el diagnóstico en 134 casos. 31 personas fallecieron durante el accidente, las cuales, 28 (bomberos y operarios) fueron víctimas de la elevada dosis de radiactividad. Tres de ellos

murieron por otras causas. Después de esta fase aguda, por lo menos 14 personas más han fallecido en los diez años posteriores al accidente.

-Entre 400.000 y 600.000 personas (trabajadores especializados, voluntarios, bomberos, y militares) llamadas *liquidadores*, encargadas de las tareas de control y limpieza, de las cuales, a día de hoy, no se conoce el número de fallecidos.

-116.000 habitantes de la zona fueron evacuados varios días después del accidente, como medida de protección, frente a los altos niveles de radiación, estableciéndose una zona de exclusión en los territorios más contaminados, en un radio de 30 km alrededor de la instalación.

-565 casos de cáncer de tiroides en niños fundamentalmente (de edades comprendidas entre 0 y 14 años) y en algunos adultos, que vivían en las zonas más contaminadas (208 en Ucrania, 333 en Bielorrusia y 24 en la Federación Rusa), de los cuales, 10 casos han resultado mortales debido a la radiación. (Datos de 1995 de la Organización Mundial de la Salud).

-Efectos psicosociales producidos por causas no relacionadas con la radiación, debidos a la falta de información, a la evacuación de los afectados y al miedo de los efectos biológicos de la radiación a largo plazo. Como los procedimientos de emergencia eran inexistentes, había poca información disponible, haciéndose notar la desconfianza y la presión pública para que se tomaran medidas, pero las decisiones oficiales no tuvieron en cuenta los efectos psicológicos de la población. Todo esto se vio traducido en un importante número de alteraciones para la salud, como ansiedad, depresiones y efectos psicosomáticos.

EL ACCIDENTE: CAUSAS POLÍTICAS Y SOCIALES. EL DISEÑO RMBK-1000

Causas políticas y sociales

El accidente tuvo lugar en la Unión Soviética, un país con régimen político no democrático que no incluía por tanto controles sociales sobre las actuaciones del Estado ni de los particulares. Este Estado que contaba entre sus actuaciones el desarrollo de un programa nuclear propio, no permitía la libertad de prensa ni las libertades políticas y sindicales. No había ningún control de sus actuaciones por la sociedad.

Esta falta de estructura social democrática fue la primera causa del accidente, ya que implicaba la falta completa de control de la sociedad sobre la operación de las centrales nucleares y la ausencia de una "cultura de seguridad" en su personal. Fue posiblemente el temor de los operadores a no cumplir las instrucciones recibidas, lo que les llevó a desmontar sistemas de seguridad esenciales para el control del reactor, sin que realmente nadie les requiriese hacerlo.

La falta de controles sociales implicaba también que no hubiese un Órgano Regulador de la Seguridad Nuclear que realizase con autoridad propia e independencia de los gestores la inspección y evaluación de la seguridad de las instalaciones nucleares.

Los países occidentales, además de tener regímenes políticos democráticos con los consiguientes controles sociales, cuentan con Organismos Reguladores que, con legislación específica, controlan la seguridad de las instalaciones nucleares de forma continua.

En España, el Consejo de Seguridad Nuclear es un organismo dependiente del Parlamento que controla el diseño, construcción y operación de las instalaciones nucleares, inspecciona todas estas fases y mantiene además, durante la vida útil de las centrales, inspectores residentes con acceso a toda la instalación, a la sala de control y a toda la documentación y registros de la operación.

El diseño RMBK-1000

El RMBK-1000 es un reactor de 1000 MWe diseñado y construido solamente por la Unión Soviética. Está moderado por grafito y refrigerado por agua y usa dióxido de uranio ligeramente enriquecido (2%). La característica más importante de este diseño es que tiene un coeficiente de huecos positivo (aumento de la potencia al entrar en ebullición el refrigerante), que es muy alto sobre todo a bajas potencias, zona donde el coeficiente global de potencia es también positivo y por tanto el comportamiento del reactor es muy inestable.

Este factor era conocido por los diseñadores del reactor, quienes habían prohibido la operación por debajo del 20%.

Por otra parte, el sistema de confinamiento del reactor no cubría todo el circuito primario y no disponía de un edificio de contención capaz de retener los productos de fisión en caso de accidente.

Estas dos características de los diseños RBMK, coeficiente de potencia positivo a poca potencia y no tener contención, implican que nunca podrían haberse autorizado en los países occidentales, ya que son elementos esenciales dentro de los requisitos normales de seguridad en Occidente.

La operación durante el accidente

Cuando la unidad 4 se acercaba a una parada programada para mantenimiento, se comenzó a hacer una prueba que consistía en utilizar la energía eléctrica producida por la turbina durante su parada, como fuente alternativa para los sistemas de refrigeración en emergencia durante el tiempo necesario para el arranque de los equipos diesel.

Esta prueba, que ya había intentado realizarse sin éxito anteriormente, no tenía en sí misma ningún problema de seguridad, pero debía hacerse a un nivel de potencia superior a las zonas de inestabilidad y siguiendo todos los requisitos normales de seguridad.

La prueba se realizó a pesar de que la potencia estaba en la zona de inestabilidad y, además, se desconectó el sistema de refrigeración del núcleo cuando todavía estaba a una potencia alta. Se desconectó también la regulación automática de las barras de control, que pasaron a manejarse manualmente, y se bloquearon el sistema de protección del reactor basado en la señal de parada de los turbogeneradores y los sistemas de protección basados en el nivel de agua y presión de vapor.

Al no poder mantener al reactor en el nivel de potencia necesario para la prueba, se fueron sacando las barras de control pasando del límite mínimo autorizado de 30 barras. Durante la prueba sólo se estuvieron usando de 6 a 8 barras de control para contrarrestar el Xenon que actuaba como veneno neutrónico.

Todas estas violaciones de los sistemas de seguridad hicieron imposible controlar el reactor cuando ocurrió un aumento súbito de potencia. La consecuente ruptura de parte del combustible, con partículas de combustible a alta temperatura reaccionando con el agua, causaron una explosión de vapor que destruyó el núcleo del reactor. Dos o tres segundos más tarde tuvo lugar otra explosión, de la que no se conoce a ciencia cierta su naturaleza, aunque todo indica que el Hidrógeno tuvo un papel importante en ella.

La operación de los reactores occidentales se hace con normas de seguridad estrictamente controladas, los sistemas de seguridad no pueden desconectarse y bloquearse con facilidad y los

operadores, a quienes se exige una licencia personal otorgada por las autoridades reguladoras, no pueden recibir instrucciones que les obliguen a sobrepasar los requisitos establecidos en las normas de seguridad.

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO DE CHERNÓBIL

Durante los siete meses siguientes al accidente, los restos del reactor nuclear 4 accidentado fueron enterrados por los *liquidadores*, mediante la construcción de un *sarcófago* de 300.000 toneladas de hormigón y estructuras metálicas de plomo para evitar la dispersión de los productos de fisión. En principio, este sarcófago fue una solución provisional y debía estar bajo estricto control dada su inestabilidad a largo plazo, ya que podía producirse un hundimiento.

La recuperación de la zona del accidente y de los productos de limpieza han dado lugar a una gran cantidad de residuos radiactivos y equipos contaminados, almacenados en cerca de 800 sitios distintos dentro y fuera de la zona de exclusión de 30 km alrededor del reactor. Estos residuos se encuentran parcialmente almacenados en contenedores o enterrados en trincheras, pudiendo provocar riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

Se ha evaluado que el sarcófago y la proliferación de los sitios de almacenamiento de residuos representan una fuente de radiactividad peligrosa en las áreas cercanas, y algunos expertos de la NEA temían que el hundimiento del reactor accidentado ocasionara graves daños en el reactor 3, en funcionamiento hasta el 15 de diciembre de 2000.

En la Conferencia Internacional de Viena, celebrada en abril de 1996, se concluyó que la rehabilitación total de la zona no era posible debido a la existencia de “puntos calientes” de contaminación, de riesgos de contaminación de aguas subterráneas, de restricciones en los alimentos y de riesgos asociados al posible colapso del sarcófago, dado su deterioro en los años siguientes al accidente. Se apuntó que era necesario llevar a cabo un completo programa de investigación para desarrollar un diseño adecuado que constituyera un sistema de confinamiento seguro desde el punto de vista ecológico, evitando las filtraciones de agua de lluvia en su interior y evitando el hundimiento del sarcófago existente, lo que provocaría el escape de polvo radiactivo y de los restos de combustible al medio ambiente.

Ante esta situación, las autoridades y la industria nuclear de los países occidentales están realizando esfuerzos notables para ayudar a los países del Este a mejorar la seguridad de sus reactores, incluyendo los RBMK, y se puede decir que en la actualidad, la situación de estos países es mucho mejor que en el año 1986.

Entre los programas de ayuda de la Unión Europea destacan los programas TACIS (1989) y PHARE (1990). Todas las contribuciones económicas se transfieren a un fondo gestionado por el BERD (Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo) conocido como “Chernobyl Shelter Fund (CSF)” o “Fondo de Protección de Chernóbil”.

El BERD administrará el fondo en nombre de los países contribuyentes y donantes, siendo responsable ante la Asamblea que se reúne 3 ó 4 veces al año. En la actualidad, cuenta con 22 miembros, entre ellos la Unión Europea y Ucrania.

El Programa TACIS financió, en 1996, un primer estudio con el objetivo de analizar, en una primera fase, las posibles medidas a corto y largo plazo, para remediar la deplorable situación del sarcófago, y transformarlo finalmente en un emplazamiento seguro.

En un principio, había dos alternativas: enterrar el sarcófago en un bloque de hormigón y construir un nuevo recinto que cubriera completamente el reactor 4 accidentado y el reactor 3.

En mayo de 1997, un grupo de expertos europeos, americanos y japoneses, financiados por el programa, prepararon el SIP (“Shelter Implementation Plan” - Plan de Ejecución del Sistema de Protección). Los objetivos del plan para convertir el sarcófago en un emplazamiento seguro fueron los siguientes:

- Reducir el riesgo de hundimiento del sarcófago.
- En caso de hundimiento, limitar las consecuencias.
- Mejorar la seguridad nuclear del sarcófago.
- Mejorar la seguridad de los trabajadores y la protección ambiental en el sarcófago.
- Convertir el emplazamiento del sarcófago en una zona segura desde el punto de vista medioambiental.

Además, el SIP estableció tres hitos a conseguir:

- Decisión estratégica a seguir en cuanto a la estabilidad y la protección.
- En cuanto al problema del combustible dañado y esparcido por el interior del sarcófago.
- Decisión del nuevo tipo de recinto a construir.

De acuerdo con el programa, el proyecto debe estar finalizado en 2007. Hasta mayo de 2001, se llevaron a cabo las tareas de estabilización y otras medidas a corto plazo, constituyendo la primera fase del SIP. También se realizaron los estudios técnicos preliminares necesarios para determinar una estrategia de mejora de los sistemas de seguridad y preparar, en una segunda fase, el sarcófago como emplazamiento seguro.

En cuanto al tipo de recinto de protección, se decidió finalmente construir un amplio arco de bóveda metálico en cuyo interior quedaría la unidad 4 dañada, ya que ofrecía muchas ventajas en cuanto a la reducción de las dosis de irradiación, la seguridad durante la construcción, la liberación de las actuales estructuras inestables, un mayor espacio para el desmantelamiento y la flexibilidad necesaria para hacer frente a las incertidumbres de retirada del combustible dañado y disperso.

Este arco abovedado metálico, en construcción desde 2002 y hasta 2005, con un coste de 700 millones de dólares, albergará las unidades 3 y 4 de la central de Chernóbil, bajo su muro impermeable de doble pared presurizada internamente y con una cimentación de 27 metros de profundidad.

La unidad 3 de la central de Chernóbil, se paró definitivamente el 15 de diciembre de 2000. Tanto los expertos ucranianos como los extranjeros, fijaron el coste del cierre entre 2.000 y 5.000 millones de dólares, hasta retirar el combustible radiactivo que quede en la central con fecha límite en 2008. Esta decisión completó el cierre total de la instalación nuclear que había dado lugar, el 26 de abril de 1986, a la mayor catástrofe nuclear de la Historia.

Anteriormente, el reactor 1 se había cerrado el 31 de noviembre de 1996, tras graves deficiencias de la refrigeración que dieron lugar a un nivel 3 en la Escala INES, y el reactor 2, que se había cerrado en octubre de 1991 tras un incendio.

CONCLUSIONES

-La falta de una cultura de seguridad, consecuencia a su vez de la falta de un régimen político social democrático en la Unión Soviética está en la raíz del accidente de Chernóbil.

-La Unión Soviética no tenía un sistema de inspección y evaluación independiente de la seguridad de las instalaciones nucleares. No había un Organismo Regulador como los que existen en los países occidentales.

-El diseño del RBMK no hubiera sido autorizado nunca en los países occidentales. De hecho, nunca ha sido construido fuera de la antigua Unión Soviética.

-Las prácticas operativas de los reactores soviéticos no eran homologables a las de los países occidentales. En estos, no hubieran sido nunca permitidas.

-Los efectos del accidente de Chernóbil han sido evaluados por los Organismos Internacionales, fundamentalmente el OIEA, la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, que han hecho públicos los resultados de su investigación.

-Estos organismos internacionales han concluido que el accidente causó la muerte de 31 personas y que no se descartan efectos en la salud a largo plazo en otras personas afectadas por el accidente. De estos efectos el más importante es el aumento de cáncer de tiroides en un grupo de personas (565), fundamentalmente niños.

-Todas las demás informaciones sobre efectos que circulan con argumentos pseudocientíficos no se corresponden a la realidad. Muchas de ellos se refieren a enfermedades y malformaciones que existen en cualquier zona del mundo y muchas otras no están relacionadas con los efectos conocidos científicamente de la radiación. Las cifras que circulan sobre muertes por cánceres no tienen una base científica.

-Uno de los daños más importantes producidos en la población es el impacto psicológico derivado del desconocimiento del efecto de la radiación y las informaciones incorrectas que se prodigaron.

-Las condiciones de salud de los habitantes de las zonas afectadas con anterioridad al accidente son la razón fundamental de muchas de las enfermedades encontradas con posterioridad.

-Los reactores del Este, incluyendo los RBMK, han sido mejorados con una gran ayuda occidental, siendo muy improbable que un accidente de este tipo pueda volver a suceder.

-Un accidente nuclear de una magnitud importante (nivel 5) tuvo lugar en Estados Unidos en 1979 en la central de Three Mile Island (TMI), sin embargo los efectos a los trabajadores de la central y al público fueron despreciables al existir un edificio de contención que retiene todos los productos de fisión.

-La seguridad nuclear de los países occidentales es todavía mejor que la del año 1979, al haber introducido más elementos de seguridad como resultado del estudio de las causas del accidente de TMI.

-En el mundo hay más de 441 reactores en operación, que proporcionan el 17% de la electricidad total producida. La mayor parte de estos reactores está en los países occidentales, destacando Estados Unidos, Francia, Japón,, Reino Unido, Canadá y Alemania. España tiene 9 reactores en operación.

-Si hubiese una mínima posibilidad de un accidente como el de Chernóbil, no se utilizaría la energía nuclear como fuente de producción de electricidad.

-Los países occidentales han seguido poniendo nuevas unidades en operación después del accidente de Chernóbil y programas adicionales de nueva potencia nuclear se están desarrollando fundamentalmente en los países asiáticos, en los que se experimenta un gran crecimiento de la demanda de electricidad.

TRADUCCIÓN DE LAS CONCLUSIONES DEL INFORME-RESUMEN DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD DE NACIONES UNIDAS (1995).

Aunque el objetivo principal de IPHECA (Programa Internacional de la OMS sobre los Efectos en la Salud del Accidente de Chernóbil) ha sido establecer programas sobre los efectos en la salud relacionados con la radiación, los programas nacionales han investigado todas las posibles consecuencias sanitarias del accidente. Estas consecuencias han incluido efectos en la salud que se consideran relacionados con el "stress" producido, resultante de ser evacuados de sus casas y del miedo a posibles daños futuros en la salud por los efectos de la radiación. Las principales conclusiones que se pueden sacar de los programas nacionales, incluyendo los proyectos piloto IPHECA, son las siguientes:

-Hubo efectos psicológicos, que se cree que no están relacionados con exposiciones directas a la radiación, por la falta de información inmediatamente después del accidente, por la tensión y los traumas de relocalaciones obligatorias a áreas menos contaminadas, por la rotura de lazos sociales entre miembros de la comunidad, y por el miedo de que la exposición a la radiación pudiese causar daños en la salud en el futuro. Los registros nacionales mostraron incrementos significativos en muchas enfermedades que no están relacionadas con la radiación. Esto es una importante consecuencia del accidente de Chernóbil en la salud en vista del tamaño de la población afectada y del impacto en los sistemas sanitarios.

-El accidente de Chernóbil dio lugar a un incremento claro en el número de cánceres de tiroides, especialmente entre niños que vivían en las áreas contaminadas. El número total de casos de cáncer de tiroides encontrados entre niños (de edades entre 0 y 14 años en el momento de la diagnosis) en los tres países en el periodo post-accidente fué, al final de 1994, 565 (333 en Bielorusia, 24 en la Federación Rusa, 208 en Ucrania). Un aumento en cánceres de tiroides en niños de cerca de 100 veces los niveles pre-accidente se notó en la zona de Gomel, en Bielorusia, que queda en el camino de la dirección de la nube inicial de la lluvia radiactiva.

-No hubo aumento significativo en la incidencia de leucemias o de otros desórdenes en la sangre. Esto se podía esperar dado el corto alcance en el tiempo de este estudio. Sin embargo, ya que el pico de la incidencia de desórdenes en la sangre puede ocurrir más de 10 años después del accidente, se necesitan estudios a largo plazo de estas enfermedades.

-Se encontraron algunas evidencias que sugieren retrasos en el desarrollo mental y desviaciones en las reacciones emocionales y del comportamiento en un pequeño grupo de niños expuestos a la radiación in utero. Hasta qué punto la radiación puede haber contribuido a estos cambios psicológicos no se puede determinar por la ausencia de datos dosimétricos individuales.

-Los tipos y distribución de enfermedades bucales observadas en los residentes de áreas contaminadas de Bielorusia fueron los mismos que en los residentes en áreas no contaminadas.

La OMS compró y entregó equipo y suministros médicos a los tres países por valor de cerca de 16 millones de dólares. El resto de los gastos de los proyectos piloto se dedicó a ayuda a los programas, reuniones científicas, cursos de entrenamiento en instituciones extranjeras de investigación y en instituciones clínicas para 200 especialistas, y a proporcionar dinero para continuar las actividades IPHECA. Especialistas de los tres países estuvieron desarrollando conjuntamente con los expertos internacionales los programas de investigación, y estableciendo proyectos unificados.

IPHECA ha suministrado asistencia importante al sistema sanitario nacional de Bielorusia, a la Federación Rusa y a Ucrania, para aliviar las consecuencias sanitarias del accidente de Chernóbil. Los resultados obtenidos en el curso de los proyectos piloto IPHECA han mejorado considerablemente el conocimiento científico de los efectos de un accidente radiactivo en la salud humana. Este conocimiento servirá como base para las guías de planificación y desarrollo de futuras investigaciones.

TRADUCCIÓN DE LAS CONCLUSIONES DE LOS CAPÍTULOS DEL INFORME DE LA AGENCIA DE ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE. (1995)

Capítulo I: La localización y secuencia del accidente

En resumen, el accidente de Chernóbil fue el producto de la falta de "cultura de seguridad". El diseño del reactor era pobre desde el punto de vista de la seguridad y no corregía automáticamente los errores de los operadores. Ambos aspectos provocaron un estado de operación peligroso. Los operadores no fueron informados de y no eran conscientes de que la prueba que estaban llevando a cabo podría causar la explosión del reactor. Además, los operadores no siguieron los procedimientos operativos establecidos. La combinación de estos factores provocó un accidente nuclear de la máxima severidad en el cual el reactor fue totalmente destruido en pocos segundos.

Capítulo II: El escape, dispersión y de posición de radio nucleidos

Se puede decir que ahora se tiene una estimación bastante exacta del total del escape que se produjo. La duración del mismo fue inesperadamente larga (más de una semana con dos períodos de intenso escape). Otra característica peculiar fue la emisión significativa (cerca del 4%) de material del combustible que también contenía radionucleidos de baja volatilidad tales como Cesio, Zirconio y actínidos. La composición y características del material radiactivo en la pluma cambió durante su paso debido a las precipitaciones húmedas y secas, a la desintegración, a las transformaciones químicas y a las alteraciones del tamaño de las partículas. El área afectada fue particularmente extensa debido tanto a la gran altitud y a la larga duración del escape como al cambio de la dirección del viento. Sin embargo, el esquema de deposición fue muy irregular, y las deposiciones más significativas de radionucleidos ocurrieron donde el paso de la pluma coincidió con lluvias. Aunque todo el hemisferio norte resultó afectado, solo territorios de la antigua Unión Soviética y parte de Europa experimentaron contaminación en un grado significativo.

Capítulo III: Reacciones de las autoridades nacionales

El accidente de Chernóbil cogió a las autoridades por sorpresa en cuanto a la extensión, duración y contaminación a larga distancia. Como no había procedimientos para un accidente de ese tipo, estaba disponible poca información y hubo gran presión política y del público para que hiciesen algo, tomándose a menudo decisiones demasiado precavidas dentro y fuera de la Unión Soviética. El impacto psicológico de algunas decisiones oficiales en la población no se tuvieron en cuenta, y las interpretaciones variables e incluso erróneas de las recomendaciones de la ICRP, especialmente para niveles de intervención para alimentos, llevaron a decisiones y recomendaciones inconsistentes. Todo esto añadió confusión al público y provocó desconfianza

y pérdidas económicas innecesarias. Sin embargo, hubo excepciones y muy pronto comenzaron a surgir los esfuerzos internacionales para armonizar los criterios y los métodos de gestión de emergencias.

Capítulo IV: Estimación de dosis

Un gran número de personas recibieron dosis sustanciales como resultado del accidente de Chernóbil.

-Liquidadores. Cientos de miles de trabajadores, que se estima hasta 800.000, fueron empleados en operaciones de limpieza. Los más expuestos, con dosis de varios Grays, fueron los trabajadores empleados inmediatamente después del comienzo del accidente y los científicos que habían llevado a cabo tareas especiales en el sarcófago. La dosis media a los liquidadores se considera que estuvo en el rango entre 170 mSv en 1986 y 15 mSv en 1989.

-Evacuados. Más de 100.000 personas fueron evacuadas durante las primeras semanas después del accidente. Los evacuados resultaron expuestos a radiación interna, consecuencia de la exposición a radioyodos, especialmente Yodo 131, y a radiación externa debida a la radiactividad presente en la nube y depositada en los suelos. Las dosis en tiroides se estima que han sido, de media, alrededor de 1 Sievert (Sv) para los niños pequeños de menos de 3 años de edad y cerca de 70 mSv para los adultos. Las dosis al cuerpo entero recibidas por irradiación externa antes de la evacuación de la parte ucraniana de la zona de 30 kms., mostró un gran rango de variación con un valor medio de 15 mSv.

-La gente que vive en las áreas contaminadas de la antigua Unión Soviética. Cerca de 270.000 personas viven en áreas contaminadas con Cesio 137, con niveles de deposición de más de 555 kilobecquerelios/metro cuadrado (kBq/m²). Las dosis en tiroides, debido principalmente al consumo de leche de vaca contaminada con Yodo 131, fueron causadas durante las primeras pocas semanas después del accidente. Parece que los niños de la región de Gomel en Bielorusia recibieron las dosis más altas en tiroides, con un rango desde niveles despreciables hasta 40 Sv, y una media de cerca de 1 Sv para niños entre 0 y 7 años. Debido al control de los alimentos en esas áreas, la mayor parte de la exposición a la radiación, desde el verano de 1986, se debe a la radiación externa por la actividad del Cesio 137 depositado en los suelos; las dosis al cuerpo entero para el período de tiempo entre 1986 y 1989 se estiman en el rango de 5 a 250 mSv con una media de 40 mSv. En áreas sin control de alimentos, hay lugares, tales como la región Rovno en Ucrania, donde la transferencia de Cesio del suelo a las plantas es muy alta, resultando dosis por exposición interna mayores que las de exposición externa.

-Las poblaciones fuera de la antigua Unión Soviética. Los materiales radiactivos de naturaleza volátil (tales como Yodo y Cesio) que se escaparon durante el accidente, se extendieron a través de todo el hemisferio norte. Las dosis recibidas por las poblaciones fuera de la antigua Unión Soviética fueron relativamente bajas, y mostraron grandes diferencias de un

país a otro, dependiendo fundamentalmente de si ocurrieron lluvias durante el paso de la nube radiactiva.

Capítulo V: Impacto sanitario

En resumen, se puede decir que:

-31 personas murieron en el curso del accidente o justo después, y otras 137 fueron tratadas por síndrome agudo de radiación.

-Los efectos psicológicos extensivos son aparentes en las regiones afectadas de la antigua Unión Soviética, que se manifiestan como ansiedad y stress. En forma severa causan un sentimiento de apatía y desesperación que a menudo lleva al abandono. En el resto del mundo estos efectos individuales fueron mínimos.

-En la última década, ha habido un incremento real y significativo en carcinomas de tiroides en niños y, hasta cierto punto, en adultos, en regiones contaminadas de la antigua Unión Soviética que deberían ser atribuidas al accidente de Chernóbil a menos de que se pruebe otra cosa.

-Los cánceres de tiroides en niños son mayoritariamente papilares y particularmente de naturaleza agresiva, a menudo presentando invasión local y/o metástasis distante, prevalecen más en niños con edades de 0 a 5 años en el momento del accidente, y en áreas evaluadas como más fuertemente contaminadas con Yodo 131, aparentemente caracterizados por un período latente más corto que el que se esperaba y, todavía aumentando.

-No ha habido aumento en leucemias, anormalidades congénitas, resultados adversos de embarazos, ni en cualesquiera otras enfermedades inducidas por la radiación, en la población general, ni en las regiones contaminadas, ni en la Europa Occidental, que puedan ser atribuidas a la exposición a la radiación. Es improbable que la vigilancia de la población general revele ningún aumento significativo de la incidencia de cáncer.

Capítulo VI: Impacto en la agricultura y el medio ambiente

-Muchas contramedidas para controlar la contaminación de los productos agrícolas se aplicaron con varios niveles de eficacia. Sin embargo, dentro de la antigua Unión Soviética grandes áreas de tierra agrícola están todavía excluidas de uso y se piensa que continuarán así por largo tiempo. En un área mucho más grande, aunque se llevan a cabo actividades agrícolas y ganaderas, los alimentos producidos están sujetos a estrictos controles de distribución y uso;

-Problemas similares aunque de mucha menor importancia, se experimentaron en algunos países de Europa fuera de la antigua Unión Soviética, donde la producción agrícola y ganadera

fue sujeta a controles y limitaciones de duración variable después del accidente. La mayor parte de estas restricciones han sido levantadas hace varios años. Sin embargo, hay todavía algunas áreas en Europa donde restricciones en la matanza y distribución de animales siguen vigentes. Esto afecta, por ejemplo, a varios cientos de miles de ovejas en el Reino Unido y a un número grande de ovejas y renos en algunos países nórdicos.

-Los productos de los bosques pueden continuar siendo un problema de protección radiológica por mucho tiempo.

-Actualmente el agua potable no es un problema. La contaminación de las aguas subterráneas, especialmente con Estroncio 90, podría serlo en el futuro en las cuencas de recogida aguas abajo del área de Chernóbil.

-El pescado contaminado de lagos puede ser un problema a largo plazo en algunos países.

Capítulo VII: Riesgos potenciales residuales

En resumen, nunca se intentó que el sarcófago fuese una solución permanente para enterrar el reactor accidentado. El resultado es que esta solución temporal puede muy bien ser inestable a largo plazo. Esto significa que puede haber un hundimiento, que debería evitarse con una solución técnica permanente.

La recuperación del accidente y las operaciones de limpieza han causado también la producción de muy grandes cantidades de residuos radiactivos y equipo contaminado que están ahora almacenados en cerca de 800 sitios dentro y fuera de la zona de exclusión de 30 kms. alrededor del reactor. Estos residuos están parcialmente almacenados en contenedores y parcialmente enterrados en trincheras o almacenados al aire libre.

En general, se ha evaluado que el Sarcófago y la proliferación de sitios de almacenamiento de residuos en el área, constituyen una serie de potenciales fuentes de escape de radiactividad que amenazan las áreas de alrededor. Sin embargo, cualquier escape accidental del sarcófago se espera que sea muy pequeño en comparación con el del accidente de Chernóbil en 1986 y sus consecuencias radiológicas se limitarían a un área relativamente pequeña alrededor del emplazamiento. Por otra parte, se ha expresado preocupación por algunos expertos de que un escape más importante pudiese ocurrir si el hundimiento del Sarcófago dañara la unidad 3 de la planta de Chernóbil.

En cuanto a los residuos radiactivos almacenados en el área alrededor del emplazamiento, son una fuente potencial de contaminación de las aguas subterráneas, que requerirá un estrecho control hasta que su almacenamiento seguro, en un repositorio apropiado, se lleve a cabo.

Se han tomado iniciativas internacionales, que están ahora en curso, para estudiar una solución técnica que lleve a la eliminación de estas fuentes de riesgo residual en el emplazamiento.

Capítulo VIII: Lecciones aprendidas

En resumen, además de proporcionar nuevo impulso a la investigación en seguridad nuclear, especialmente en la gestión de accidentes nucleares severos, el accidente de Chernóbil estimuló a las autoridades nacionales y a los expertos a una revisión radical de su entendimiento y su aptitud acerca de la protección radiológica y los temas de emergencias nucleares.

Esto ha llevado al aumento del conocimiento sobre los efectos de la radiación y su tratamiento y a revitalizar la investigación radioecológica y los programas de control, procedimientos de emergencia, y criterios y métodos para la información al público.

Es más, un papel importante en estas mejoras lo han representado las iniciativas internacionales de cooperación múltiple, incluyendo la revisión y racionalización de los criterios de protección radiológica para la gestión de las consecuencias de accidentes, tanto para reforzar o crear mecanismos de asistencia y comunicación internacionales, como para evitar las implicaciones transfronterizas de accidentes nucleares potenciales.

GLOSARIO DE UNIDADES RADIOLÓGICAS

-GRAY: Nombre de la Unidad de dosis absorbida en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Su símbolo es Gy y equivale al cociente de un julio por un kilogramo.

-SIEVERT: Unidad de dosis equivalente en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Su símbolo es Sv y equivale al cociente de un julio por un kilogramo. El miliSievert (mSv) equivale a 10^{-3} Sv.

-REM: Unidad especial empleada para medir la dosis equivalente. Esta unidad no pertenece al Sistema Internacional de Unidades (SI). El REM equivale a 10^{-2} Sv. El milirem (mRem) equivale a 10^{-3} REM, es decir, 10^{-5} Sv.

-BEQUERELIO: Unidad de actividad en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Su símbolo es Bq y corresponde a la actividad de una transformación por segundo. El Kilobquerelio (KBq) equivale a 10^3 Bequerelios.