



Francisco DIAZ DE LA CRUZ es Licenciado en Matemáticas, Doctor Ingeniero de Armamento, diplomado en Ingeniería Nuclear y Coronel del Cuerpo de Ingenieros Politécnicos del Ejército. Ha sido profesor en las ETS de Arquitectura y de Ingeniería Industrial, y en la antigua JEN. Durante 25 años fue destacado por el Alto Estado Mayor y por el Ministerio de Defensa en la JEN y en el CSN. Ha sido también experto del OIEA y colaborador con la Dirección General de Protección Civil. En la actualidad es jefe de la Subunidad de Programas NBQ de la Dirección General de Armamento y Material del Ministerio de Defensa y representante de la misma Dirección General en paneles y convenciones nacionales e internacionales. Es, además, profesor de Física Atómica y Nuclear en la Escuela Politécnica Superior del Ejército.

LA ESTIMACION DEL DETRIMENTO INDUCIDO POR UNA PRACTICA NO NECESARIAMENTE RELACIONADA CON RADIACIONES IONIZANTES

F. DIAZ DE LA CRUZ

La Comisión Internacional de Protección Radiológica ("International Commission on Radiological Protection, ICRP") es, actualmente, el Organismo con mayor soporte científico y autoridad moral que propone recomendaciones para que sean, de alguna forma, recogidas en los Reglamentos Regionales o Nacionales a fin de proteger a las personas, individual o colectivamente consideradas, de los efectos perniciosos causados por las radiaciones ionizantes.

Dicha Comisión limita sus misiones, y funciones, a la protección solamente del hombre y en relación solamente con las radiaciones ionizantes (1). No obstante esta limitación, la ICRP considera conveniente, y recomienda por tanto, comparar el detrimento total (2) asociado a "prácticas nucleares" (3) con el asociado a otras, "no nucleares", que entren en competencia con aquellas para dar un determinado servicio a la sociedad.

No hacer esta comparación tiene como repercusión inmediata una discriminación de tipo social y económico. En efecto, concentrar los recursos disponibles, siempre limitados y escasos, para conseguir una protección, cada vez más justificada, más optimizada y más limitada, contra las radiaciones ionizantes, en comparación única y sucesivamente consigo misma (4), trae indefectiblemente como consecuencia el abandono o descuido de la protección del ciudadano con respecto a los peligros asociados a otras

actividades antrópicas "no nucleares", que pueden sin embargo en algunos casos, dar lugar a un mayor detrimento para el mismo, para su descendencia, para sus bienes y/o para su entorno.

El perjuicio discriminado que soportan las "prácticas nucleares" es evidente, ya que han de realizarse grandes inversiones para conseguir un elevado grado de protección en el que se incluye:

- el nivel de seguridad correspondiente;
- los procedimientos de actuación;
- la formación de personal; y,
- el control y vigilancia de los campos de radiación que real (dentro de lo posible) o potencialmente (dentro de lo hipotético) puedan producirse (5).

Siguiendo los métodos de análisis y cálculo recomendados por los Organismos Internacionales competentes en la materia, se evalúan y determinan cuantitativamente las consecuencias sobre el detrimento a la salud; tal evaluación y determinación se encuentran, claro está, dentro de las incertidumbres existentes en el conocimiento sobre los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, cuando las dosis, o las tasas de dosis, son bajas.

Incluso se podrían extrapolar dichos métodos para la estimación del detrimento total una vez cuantificada monetariamente la unidad del parámetro que, de alguna manera, determina el efecto dañino correspondiente.

Desde un punto de vista social y subjetivo, es comprensible, y lógico, que el ciudadano, al conocer cualitativa y cuantitativamente los efectos malignos asociados a una "práctica nuclear" —porque se le informa con detalle de ello—, desee ver disminuido su número y su gravedad.

Dado que el ciudadano no conoce —porque no se le informa adecuadamente—, cuál puede ser el detrimento asociado a la "práctica no nuclear" alternativa, se propicia una situación de ansiedad (como dice la ICRP) o una situación de injusticia manifiesta.

Esta ansiedad o injusticia proviene del hecho de que la autoridad pertinente ni mide con el mismo rasero las consecuencias degradantes asociadas a ambos tipos de prácticas antrópicas, ni se comporta de la misma manera en cuanto a la difusión de la oportuna información. Se predispone así al ciudadano, de forma consciente, en contra de la "práctica nuclear".

Perdida la perspectiva de comparación, por la ausencia de estudios comparativos, los límites recomendados por la ICRP ya no pueden obedecer a consideraciones puramente científicas sino sociales; así pues, las "prácticas nucleares" se ven sometidas a la opinión de los ciudadanos que demandan una minimización de sus riesgos, de forma unilateral, sin tener en cuenta los que pueden producirse al elegir otras alternativas "no nucleares" que, por razones de reglamentación, no están obligadas, hasta la fecha, a analizar el detrimento total que conllevan.

Con respecto al campo nuclear existen métodos que permiten un cálculo razonable del detrimento total asociado a las "prácticas nucleares"; tales métodos pueden ser aplicados, con ciertas garantías, a otras "prácticas no nucleares", como se ha hecho en el campo químico, mediante la definición de la matriz del detrimento, que esquemáticamente se presenta en el ANEXO.

Con un adecuado Banco de Datos, que puede empezar a crearse y ampliarse, se presentarían informes cuantitativos:

- a las autoridades, para su orientación en la toma de decisiones; y,
- a la sociedad, como justificación de la opción elegida para conseguir un bien social.

La matriz del detrimento puede servir de punto de partida para una reflexión sobre los métodos más convenientes a aplicar, basados en los principios que encierra el Sistema de Limitación de Dosis de la ICRP, y que constituirían un nuevo, aunque derivado, Sistema de Limitación del Detrimento(6); es decir, la Justificación, la Optimización y la Limitación del detrimento individual o colectivo

que permita una comparación homologada y validada entre las diferentes prácticas antrópicas que conducen a la prestación de un determinado servicio al bien común.

REFERENCIAS

- (1) Se ha creado recientemente, dentro de la ICRP, un Grupo de Trabajo para promulgar recomendaciones sobre la protección del hombre con respecto a las radiaciones no ionizantes, como se está haciendo dentro de la IRPA ("International Radiation Protection Association").
- (2) La ICRP considera solamente, en sus estudios, el detrimento a la salud (determinístico y/o estocástico, somático y/o hereditario) y no tiene en cuenta otros tipos de detrimentos como son los psíquicos, los sociológicos y los que hacen referencia al medio ambiente.
- (3) Se denominan "prácticas nucleares" las que producen, utilizan o almacenan material o sustancias radiactivas que emiten radiaciones ionizantes en cantidad tal que no quedan exentas de las pertinentes autorizaciones contempladas en los Reglamentos Regionales o Nacionales de Protección Radiológica. Por el contrario, "prácticas no nucleares", son todas las demás.
- (4) Paradójicamente esta autocomparación endogámica puede conducir a la autorización o rechazo no justificados de una determinada "práctica nuclear".
- (5) La ICRP ha incluido entre sus recomendaciones la consideración de situaciones de "exposición potencial" debidas fundamentalmente a condiciones anómalas en el comportamiento funcional de la "práctica nuclear".

Si bien, actualmente, en el proceso de autorización de instalaciones nucleares e instalaciones de usos de fuentes radiactivas, se exigen los denominados Estudios probabilísticos de Riesgos o de Seguridad en sus diferentes fases, la recomendación de la ICRP se refiere a la protección radiológica operacional, incluyendo en ella al resto de la población afectada en caso de accidente.

(6) La consideración del "riesgo" como parámetro sobre el que fundamentar las nuevas recomendaciones de la ICRP (Publicación 60, 1990), permite hablar de un Sistema de Limitación del Riesgo en lugar de Dosis como hasta ahora. No obstante, la pretensión última debería ser el conocimiento razonable del detrimento total, tal y como recomienda la ICRP, asociado a todo tipo de prácticas.

ANEXO

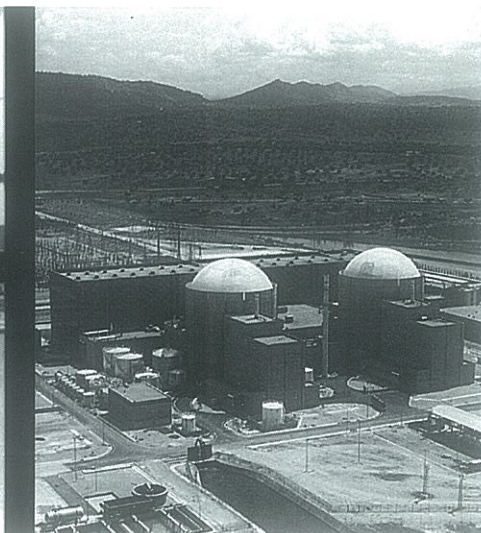
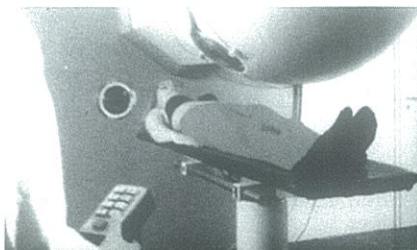
EXPRESION ANALITICA DEL DETRIMENTO

Matriz de la frecuencia, matriz del daño, matriz del riesgo, matriz de la valoración socio-económica, matriz del detrimento y matriz del beneficio

En su aspecto formal, el riesgo se define como:

... la esperanza matemática del daño(1) que sufre o puede sufrir una población(2), teniendo en cuenta:

- la frecuencia asociada a la ocurrencia de sucesos que pueden dar lugar a dicho daño(3);
- la probabilidad con que pueden manifestarse sensible e inequívocamente



los efectos relacionados con el daño. Estos efectos pueden manifestarse en:

- las personas (como efectos somáticos o psicológicos);
- su descendencia (efectos hereditarios, malformaciones, disminución del coeficiente de inteligencia, etc.);
- bienes materiales (efectos de pérdidas, reducción de uso, etc.); y,
- medio ambiente (efectos de deterioro, contaminación, influencia sobre especies animales y vegetales, etc.).

En su aspecto analítico la matriz del detrimento se identifica de la siguiente forma:

- con el subíndice i ($i = 1, 2, \dots, m$), a un determinado suceso que pueda dar lugar a unos determinados daños(4);
- a la frecuencia de ocurrencia del suceso i , por F_i (para $i = 1, F_1 = 1$); y,
- a los daños, en términos absolutos, producidos, o que pueden producirse, a consecuencia de suceso i , teniendo en cuenta las probabilidades de su aparición(5) por:

$$D_{i1}, D_{i2}, \dots, D_{ij}, \dots, D_{in}$$

el primer subíndice se refiere al suceso en particular y el segundo subíndice al tipo de daño; en este caso, al suceso i hay asignados en tipos de daños.

Si se considera un determinado lugar, la población que en él se encuentra soportará una serie de peligros bien naturales bien introducidos por el hombre (antrópicos)(6); el riesgo global al que se ve sometida dicha población será:

$$R = \sum R_i = \sum_i F_i \sum_j D_{ij} \quad (A-1)$$

$i = 1, 2, \dots, m$
 $j = 1, 2, \dots, n$

De forma desarrollada:

$$R = F_1 (D_{11} + D_{12} + \dots + D_{1j} + \dots + D_{1n}) + \\ + F_2 (D_{21} + D_{22} + \dots + D_{2j} + \dots + D_{2n}) + \\ \dots + F_i (D_{i1} + D_{i2} + \dots + D_{ij} + \dots + D_{in}) + \\ \dots + F_m (D_{m1} + D_{m2} + \dots + D_{mj} + \dots + D_{mn}) \quad (A-2)$$

A efectos prácticos conviene utilizar el cálculo matricial. Se define el riesgo como un vector (matriz fila) cuyas componentes son respectivamente los riesgos parciales asociados a cada uno de los daños definidos, es decir:

$$\{R\} = \{R_1, R_2, \dots, R_j, \dots, R_n\} \quad (A-3)$$

$$R_j = F_1 \cdot D_{1j} + F_2 \cdot D_{2j} + \dots + F_i \cdot D_{ij} + \dots + F_m \cdot D_{mj}$$

o bien en forma matricial:

$$\{R\} = \{F_i\} * \{D_{ij}\} \quad (A-4)$$

en donde $\{R\}$, matriz del riesgo, es la matriz fila (vector) de dimensión $(1 \times n)$ que se obtiene del producto matricial de la matriz fila de dimensión $(1 \times m)$ de las frecuencias de sucesos, matriz de la frecuencia, y la matriz rectangular de dimensión $(m \times n)$ del daño, matriz del daño.

El detrimento, conocido en los textos especializados por G , se obtiene a partir del riesgo R , multiplicando los daños asociados D_{ij} por el denominado "factor de gravedad", g_j que depende del tipo de daño, y por la asignación monetaria asignada a la unidad mismo (7), que se denomina por α .

Cada tipo de daño tiene una valoración social y otra económica.

- La valoración social se la denomina por la letra g , por tanto, habrá tantas valoraciones como tipo de daños; es decir, a cada daño j le corresponde un g_j .
- La valoración económica se la denomina por la letra griega α , y como en el caso anterior habrá tantas valoraciones como tipo de daños; es decir, a cada daño j le corresponde un α_j .

Es conveniente asociar estas dos valoraciones denominándolas en su conjunto: $(\alpha g)_j$.

Así pues el detrimento G , que puede ser definido como:

...la valoración social y económica del riesgo,

vendrá dado por el producto matricial de la matriz fila $\{R\}$ definida en (A-4) por la matriz columna de dimensión $(n \times 1)$ denominada matriz de valoración socio-económica $\{V\}$ y cuyos elementos son $(\alpha g)_j$. Es decir:

$$\{G\} = \{R\} * \{V\} \quad (A-5)$$

Se obtiene así una matriz de dimensión (1×1) , denominada matriz del detrimento, es decir, un escalar, que representa la valoración social y económica del daño real y/o potencial de una práctica antrópica.

En forma desarrollada:

$$G = F_1 [D_{11}(\alpha g)_1 + D_{12}(\alpha g)_2 + \dots + D_{1j}(\alpha g)_j + \\ + \dots + D_{1n}(\alpha g)_n] + F_2 [D_{21}(\alpha g)_1 + D_{22}(\alpha g)_2 + \\ + \dots + D_{2j}(\alpha g)_j + \dots + D_{2n}(\alpha g)_n] + \\ \dots + F_i [D_{i1}(\alpha g)_1 + D_{i2}(\alpha g)_2 + \dots + D_{ij}(\alpha g)_j + \\ + \dots + D_{in}(\alpha g)_n] + \\ \dots + F_m [D_{m1}(\alpha g)_1 + D_{m2}(\alpha g)_2 + \dots + D_{mj}(\alpha g)_j + \\ + \dots + D_{mn}(\alpha g)_n] \quad (A-6)$$

en donde cada sumando representa el detrimento asociado a cada situación o suceso que produzca un deterioro.

De esta manera pormenorizada, las autoridades pueden tener una idea "panorámica" qué peligro, o qué hechos conductores a provocarlo, son los que mayor detrimento inducen en la sociedad.

De forma más compacta la expresión (A-6) puede escribirse:

$$G = \sum_i F_i \sum_j D_{ij}(\alpha g)_j \quad (A-7)$$

en donde: $i = 1, 2, \dots, m$
 $j = 1, 2, \dots, n$

Se puede resumir que a cada suceso i

cuya frecuencia de ocurrencia sea F_i , le corresponde una serie de daños de diferentes tipos j , D_{ij} , y a cada tipo j un factor de valoración socio-económica $(\alpha g)_j$.

Así como se define la matriz del detrimento puede también definirse la matriz del beneficio, lo cual permitiría disponer de la suficiente información, con valoración negativa o positiva, para que las autoridades decidieran, en base a una cuantificación razonable, sobre lo que supondría en costos, productividad y utilidad pública la opción seleccionada.

Ambas matrices constituyen dos pilares sólidos, de carácter técnico, en la adopción de decisiones sobre diversas alternativas para satisfacer una determinada demanda social.

REFERENCIAS

(A-1) Se considera el daño de forma absoluta; es decir, incluyendo en la definición los perjuicios directos y los colaterales que pueden ser de muy diversa naturaleza.

(A-2) La población se considera formada bien individualmente, por cada uno de sus miembros, bien colectivamente en grupos de miembros de determinadas características, bien de forma global.

(A-3) Se incluye la operación normal (dentro de los límites autorizados) de la actividad antrópica bajo estudio con una frecuencia igual a la unidad.

(A-4) La operación normal, es decir, aquella actividad, de la práctica considerada, que se realiza bajo los límites y condiciones impuestos por la autoridad competente, viene identificada por el primer subíndice, es decir, $i=1$.

(A-5) Cada suceso producido en una actividad antrópica origina unos agentes agresores, que son los causantes de los daños. Ahora bien, existe una determinada probabilidad de que se manifieste el efecto que define el daño, en función de la cantidad o calidad de los agentes agresores producidos o del grado de afectación sobre los sujetos sensibles a ellos. Sujetos sensibles pueden ser las personas, su descendencia, sus bienes o su medio.

(A-6) Solamente se hace referencia a los riesgos asociados a actividades humanas.

(A-7) Fijado el daño, por ejemplo:

- el número de víctimas mortales esperadas entre ciertos intervalos de tiempo o entre ciertas cohortes de población;
 - el número de hectáreas que quedan improductivas (o su equivalente);
 - el número de días que una determinada población ha de estar fuera de sus hogares;
 - las pérdidas económicas por días no trabajados; etc.,
- la unidad monetaria del daño es fácil de calcular, o al menos, de intuir.