

06.17.08

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 2	AÑO

CNEA-NT 22/77

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

GERENCIA PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

JUSTIFICABILIDAD DE LA INDUSTRIA NUCLEOELECTRICA TENIENDO EN CUENTA
LAS REPERCUSIONES AMBIENTALES DERIVADAS Y LA CONSECUENTE OPTIMIZACION
DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION Y SEGURIDAD.

A.J. GONZALEZ

BUENOS AIRES

1977

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

GERENCIA PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

JUSTIFICABILIDAD DE LA INDUSTRIA NUCLEOELECTRICA TENIENDO EN CUENTA
LAS REPERCUSIONES AMBIENTALES DERIVADAS Y LA CONSECUENTE OPTIMIZACION
DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION Y SEGURIDAD.

A.J. GONZALEZ

BUENOS AIRES

1977

JUSTIFICABILIDAD DE LA INDUSTRIA NUCLEOELECTRICA
TENIENDO EN CUENTA LAS REPERCUSIONES AMBIENTALES
DERIVADAS, Y LA CONSECUENTE OPTIMIZACION DE LOS
SISTEMAS DE PROTECCION Y SEGURIDAD

A.J. GONZALEZ

Comisión Nacional de Energía Atómica
Gerencia de Protección Radiológica y Seguridad
Buenos Aires
Argentina

Resumen

Se analizan las implicancias de las recomendaciones de la International Commission on Radiological Protection (ICRP) para que las dosis de radiación sean mantenidas tan bajas como resulte razonablemente obtenible, sus consecuencias en cuanto a la necesaria justificabilidad de las prácticas y operaciones con radiaciones ionizantes y la optimización de la protección radiológica. Se discute la aplicación de estos conceptos a la industria nucleoelectrica y particularmente cuando se tienen en cuenta las repercusiones ambientales. Se analiza la posible consecuencia que tendría esta aplicación sobre los programas nucleoelectricos regionales.

La posibilidad de extrapolar las recomendaciones de la ICRP a la seguridad nuclear de las instalaciones nucleoelectricas es también analizada.

1. INTRODUCCION

La reciente aparición de las nuevas recomendaciones de la International Commission on Radiation Protection (ICRP) (1), han confirmado los principios a los que se debería ajustar un sistema de limitación de dosis para lograr los objetivos básicos de la protección radiológica: prevenir efectos de trimentales no estocásticos en los individuos expuestos y limitar la probabilidad de ocurrencia de efectos estocásticos a niveles aceptables (2).

Esos principios, que ya habían sido de alguna manera introducidos en recomendaciones anteriores de la ICRP (3) (4), son los siguientes(5):

- (a) Ninguna práctica que involucre exposición a la radiación de personas debe ser adoptada al menos que su introducción produzca un beneficio neto positivo. En otras palabras, la diferencia entre el beneficio bruto obtenido de la prácti-

ca y el costo total incurrido por la sociedad debido a la introducción de la práctica, debe ser positiva; en el costo total se deben incluir el costo básico de producción, el costo incurrido para lograr un nivel seleccionado de protección, y el costo del detrimento involucrado en la operación o en la producción, uso y disposición del producto.

- (b) Toda exposición debida a una práctica justificable debe ser tan baja como sea razonable obtener teniendo en cuenta factores sociales y económicos. Es decir que los sistemas de protección deben ser optimizados y que para ello se deberían balancear por una parte el incremento de beneficio obtenido por la reducción en la exposición que se lograría mejorando los sistemas y, por la otra, el incremento de costo involucrado en la mejora.
- (c) La dosis equivalente incurrida por individuos no debe exceder los límites recomendados para las circunstancias apropiadas por la ICRP.

Un principio adicional, que la ICRP no ha incluido aún en forma mandatoria en el sistema de limitación de dosis recomendado, es que los desarrollos necesarios de prácticas presentes o futuras, que pueden dar lugar a dosis equivalentes a ser recibidas en el futuro, no deberían ser responsables de que resultara en una exposición indebida de algún miembro del público (6).

La introducción de estos nuevos principios de protección radiológica, particularmente el de justificabilidad de la práctica (a), optimización de sistemas (b) y el principio adicional de limitación al futuro, pueden presentar problemas para los constructores y usuarios de instalaciones del ciclo nucleoelectrico y para las autoridades competentes encargadas de regular sus actividades. Estos problemas se podrían agudizar cuando se analiza el alcance de las repercusiones ambientales a la industria nucleoelectrica. Por otra parte, no parece claro cómo se compatibilizará la filosofía utilizada para, de acuerdo al principio mencionado, optimizar los sistemas de protección radiológica y la que se emplea habitualmente para determinar los sistemas de seguridad adicionales en las instalaciones correspondientes.

Este trabajo pretende describir algunos de los problemas que pueden presentarse cuando las autoridades oficialicen los nuevos principios y las soluciones que se proponen.

2. JUSTIFICABILIDAD DE LA GENERACION NUCLEOELECTRICA DE ENERGIA TENIENDO EN CUENTA LAS REPERCUSIONES AMBIENTALES DERIVADAS

Como se mencionó anteriormente, la ICRP recomienda

que no se justifica efectuar una práctica que involucre exposición a las radiaciones ionizantes al menos que el beneficio neto (B) obtenido sea positivo. El beneficio neto es definido (7) como sigue:

$$B = V - (P+X+Y)$$

donde

- V = beneficio bruto
- P = Costo de producción
- X = Costo para obtener un nivel de protección dado
- Y = Costo del detrimento involucrado en la operación o en la producción, uso y disposición del producto.

El método más elemental para medir el beneficio bruto derivado de una práctica de generación nucleoelectrónica es integrar el valor monetario esperado de la energía que se programa generar durante la vida útil de la instalación. Este método, sin embargo, no tiene en cuenta otros elementos que pueden ser significativos en el cálculo del beneficio bruto; por ej., el valor de subproductos, ingreso de impuestos, salarios creados, incremento en la oportunidad de empleos, cambio incremental en el producto de la región donde se lleva a cabo la práctica con resultado de la compra local de bienes y servicios, etc. Mientras que la valuación monetaria de la energía nucleoelectrónica generada puede resultar fácil (si no se toma en cuenta el precio político de la energía), no resulta claro con qué criterio se deberán valorizar los otros elementos que formarían parte del cálculo.

El costo de producción más el costo para obtener un dado nivel de protección es el costo total de la práctica. En el caso de la generación nucleoelectrónica es igual en principio a la inversión total en la instalación (gastos directos e indirectos de construcción, gastos adicionales debidos a las medidas de seguridad y protección del medio ambiente, imprevistos, e inflación e intereses durante la construcción) más el costo de los suministros y mano de obra necesarios para generar la energía. Sin embargo, también en este caso pueden individualizarse una serie de elementos que forman parte del costo, que habitualmente no se los incluye en el costo y que, por sobre todo, son de difícil evaluación; algunos ejemplos son los siguientes: costo de personal altamente especializado, costo de investigación y desarrollo asociado a la producción energética, costos asociados al cierre definitivo de la instalación, costos relacionados con el almacenamiento seguro de los residuos radiactivos generados, costos derivados de eventuales restricciones al dominio, etc.

El costo del detrimento incurrido por la población es posiblemente el factor de la sumatoria más difícil de evaluar y aquel que más se presta a la discusión y a interpretaciones variables. La ICRP ha introducido (8) el concepto de "detrimento" (G) para identificar y, cuando sea posible, cuantificar, los efectos deletéreos debidos a la exposición de las radiaciones, y lo ha definido (9), cuando esos efectos son sobre la salud en un grupo de P personas, como P multiplicado

por la sumatoria de todos los productos de la probabilidad p_i de sufrir un efecto i por la severidad del efecto expresado por un factor de peso g_i ; es decir, $G = P. \sum_i p_i g_i$. Por otra parte, aceptando que dentro del rango habitual de condiciones de exposición debidas a la repercusión ambiental de la industria nucleoelectrónica, hay una relación lineal (sin umbral) entre la dosis equivalente (H) incurrida, y la probabilidad de sufrir un efecto deletéreo (10), y que el factor de peso g_i es independiente de H (11) se deduce que el detrimento de la salud G es proporcional a la sumatoria de los productos de la dosis equivalente per caput H_i incurrida por el número de miembros P_i del subgrupo i de la población expuesta por H_i . Por extensión, luego, el detrimento se hace proporcional a lo que la ICRP define (12) como la dosis equivalente colectiva (S_k) debida a la práctica, según la expresión $S_k = \int_{H_0}^{\infty} P(H) dH$; donde: $P(H) dH$ es el número de individuos que reciben una dosis equivalente en el cuerpo entero o en algún órgano o tejido especificado, en el rango H a $H+dH$. En consecuencia, para valuar el costo del detrimento parecería inevitable asignar un valor monetario a la unidad de dosis equivalente colectiva (Sievert.persona) (13).

Varias dificultades pueden preverse en la valuación del costo del detrimento; un resumen de las mismas podría ser el siguiente:

- . La asumida linealidad, sin umbral, entre riesgo y dosis equivalente podría no ser válida. La ICRP ha puntualizado que ésta es sólo una asunción cauta, cuya confiabilidad aún no ha sido establecida, y que es concebible que los factores de proporcionalidad o factores de riesgo (riesgo por unidad de dosis equivalente) podría variar con la dosis equivalente previamente acumulada.
- . El cálculo de dosis equivalente colectiva incluye a un infinito número de grupos de individuos ($P(H)dH$), y en la valuación se aplicaría el mismo valor monetario a la unidad de dosis equivalente colectiva para todos esos grupos. La ICRP ya ha indicado (13) que en la práctica es muy difícil cuantificar aún algunos de los componentes del detrimento y parecerá razonable suponer que esta dificultad se agrande enormemente cuando la integral que calcula la dosis equivalente colectiva se extiende lo suficiente como para incluir a grupos de individuos que se encuentran bajo regímenes regulatorios diferentes, particularmente cuando pertenecen a naciones diferentes.

Los criterios a ser considerados para la asignación del valor monetario a la unidad de dosis equivalente colectiva podrían no tener aún la necesaria uniformidad. Si bien la ICRP ha indicado que las diversas estimaciones del costo equivalente de un Sievert.persona (14) que han sido publicadas proveen, con sus limitaciones, posibles impulsos cuantitativos para el proceso de toma de decisiones

(13), las autoridades nacionales competentes podrían no disponer aún de los elementos de juicio necesarios para esa toma de decisión y elegir valores "conservativos" para una variable que será utilizada para optimizar (15).

Hasta aquí se han descripto los componentes de la sumatoria algebraica que calcula el beneficio neto y se han sumariado algunas dificultades para evaluarlos. Sin embargo, uno de los mayores problemas que aún queda por resolver, es cómo proceder cuando los elementos de la sumatoria se aplican a grupos humanos diferentes; por ej., cuando un grupo recibe la mayor parte del beneficio bruto y otro grupo una fracción sustancial del detrimento. Este caso es hipotético pero no necesariamente improbable, particularmente en la industria nucleoelectrica. Una central nuclear podría, por ej. tener repercusiones ambientales significativas en su área de influencia, y, por lo tanto, el grupo humano de esa área ser el contribuyente relevante a la dosis colectiva y por otra parte, entregar la energía generada a otro grupo, quizá muy distante, cuya contribución fuera despreciable. O a la inversa. Estos casos posibles se complican cuando los diferentes grupos pertenecen a diferentes naciones, o están regidos por diferentes regulaciones, aunque no se deja de destacar que la justificabilidad de una práctica no es realmente un problema de radioprotección sino de decisión, la forma más adecuada de evaluar la sumatoria recomendada teniendo en cuenta todos estos problemas.

Otro problema adicional surgiría si se considerara si es suficiente evaluar la dosis equivalente colectiva para determinar el costo del detrimento debido a la práctica o si esa valuación debería comprender a lo que podría llamarse esperanza matemática de dosis equivalente colectiva. En este caso se incluirían en la integral no sólo a las dosis que serían certeramente incurridas por los individuos, sino también aquellas que eventualmente podrían ser incurridas a causa de una situación anormal imprevisible, multiplicadas por la probabilidad de que esa situación ocurriera. Este planteo se encuentra aún en estado embrionario (16) (17), pero podría ser un contribuyente importante si en el futuro se lo considerara aceptable. (Ver Sección 3 de este trabajo).

Por todo lo expuesto, parecería claro que una ardua tarea aguarda a las autoridades nacionales competentes en materia nuclear para determinar cuándo una práctica de generación nucleoelectrica es justificable teniendo en cuenta sus repercusiones ambientales implementando las recomendaciones de la ICRP. Algunos de los problemas presentados podrán ser resueltos dentro del contexto nacional pero para otros no se vislumbra otra solución que la consulta internacional y particularmente, la activa participación del Organismo Internacional de Energía Atómica.

3. OPTIMIZACION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION Y SEGURIDAD

Con el objeto de determinar si una reducción en la exposición debida a una práctica justificable es "razonablemente obtenible" la ICRP ha recomendado llevar a cabo un análisis diferencial costo-beneficio para optimizar la protección radiológica; v.g. sus sistemas: blindajes, ventilación, filtros, contenedores, etc. En este análisis diferencial costo-beneficio, cuya intención es maximizar el beneficio neto, la variable independiente resulta ser la dosis colectiva equivalente debida a la práctica. Si se utiliza la misma ecuación que la que permite evaluar la justificabilidad, el beneficio neto óptimo se logra derivando la ecuación con respecto a la variable independiente. Es decir:

$$\frac{dV}{dS} - \left(\frac{dP}{dS} + \frac{dX}{dS} + \frac{dY}{dS} \right) = 0$$

La ICRP ha estimado (18) que V y P pueden ser considerados constantes con respecto a la dosis equivalente colectiva para una dada práctica. En ese caso, resulta inmediato que la condición de optimización es cumplimentada para un valor S^* tal que el incremento en el costo de protección por unidad de dosis equivalente colectiva balancee la reducción de detrimento por unidad de dosis equivalente colectiva. Es decir:

$$\left(\frac{dX}{dS} \right)_{S^*} = - \left(\frac{dY}{dS} \right)_{S^*}$$

Muchas de las dificultades encontradas para implementar las recomendaciones de la ICRP sobre justificabilidad de la práctica son comunes al proceso de optimización descrito y no se repetirán aquí nuevamente. Sin embargo, nuevos problemas de implementación aparecen relacionados directamente con el análisis diferencial recomendado para optimizar la protección.

Los mayores problemas parecerían estar relacionados con la optimización de la protección del personal ocupacionalmente expuesto en la industria nucleoelectrónica. Será poco factible de obtener un adecuado balance modificando los sistemas operativos desde que el mantenimiento parecería ser el responsable de una parte sustancial de la dosis equivalente colectiva incurrida por los trabajadores. Parecería, en consecuencia, que sólo optimizando los procedimientos podría lograrse el beneficio neto óptimo recomendado por la ICRP. Sin embargo, no se discutirá en este trabajo este problema por considerarse que la radioprotección ocupacional en la industria nucleoelectrónica, es prácticamente independiente de las repercusiones ambientales de la misma.

Optimizar los sistemas de protección relacionados con las repercusiones ambientales significa, en pocas palabras, hacerlo con los sistemas limitativos de las descargas de efluentes radiactivos al medio ambiente. La variación en los costos de estos sistemas con la dosis equivalente colectiva no es en general una función continua desde que la tecnología dispone actualmente de sólo un número finito de solu-

ciones posibles para limitar las descargas de efluentes. Este hecho implica una dificultad que deberá ser resuelta por las autoridades regulatorias de alguna manera. La forma más simple de solucionar el problema parecería ser el efectuar diferencias finitas de costos de sistemas y compararlo con el producto de la diferencia de dosis equivalente colectiva por el costo regulado para la unidad de dosis equivalente colectiva. Esta solución simplificada presenta varios problemas a resolver. Por un lado no tiene en cuenta posibles complicaciones debido a eventuales contribuciones no lineales. La ICRP ha indicado (18) cautamente que algunos componentes del deterioro tales como las restricciones al acceso o al uso de determinadas áreas no están normalmente relacionadas con las dosis equivalentes colectivas, y pueden, en algunos casos, ser influenciadas por la más alta dosis equivalente en el grupo expuesto. Por otra parte, al pasar de un sistema de protección a otro, la variación de costo de protección y de situación radiológica entre sistemas podría ser de tal magnitud que la solución elegida resultará muy alejada de la óptima. Para resolver este problema, será necesario un gran esfuerzo por parte de proveedores y usuarios de la industria nucleoelectrónica que deberán mejorar y multiplicar la variedad de los sistemas disponibles para adaptarse a las recomendaciones de la ICRP. Las autoridades nacionales deberán guiar a la industria en esta nueva etapa para evitar esfuerzos innecesarios y también aquí es de esperar una activa participación de la OIEA con recomendaciones precisas para la compatibilización de distintos sistemas provenientes de proveedores de diversos orígenes.

Otro problema, derivado del proceso de optimización propuesto que resultará de interés discutir, es la compatibilización de la filosofía de selección de los sistemas de seguridad con el procedimiento recomendado por la ICRP para optimizar los sistemas de protección radiológica. En las instalaciones de la industria nucleoelectrónica, existen una serie de dispositivos y procedimientos para prevenir eventuales situaciones anormales y mitigar las consecuencias radiológicas derivadas de esas situaciones anormales, si ellas ocurren. A los conjuntos parciales de estos dispositivos se los suele denominar sistemas de seguridad nuclear.

No existe una filosofía clara, precisa y, por sobre todas las cosas internacionalmente aceptada, sobre cómo determinar cuál es el mínimo equipamiento de estos sistemas de seguridad que permitan considerar una instalación nuclear como segura. Más aún, nunca ha sido claro si, por sobre los equipamientos mínimos exigidos por las regulaciones de seguridad, correspondía seguir incrementando los costos de seguridad con el fin de disminuir los riesgos radiológicos derivados de las eventuales situaciones anormales.

Sin embargo, así como se consideran las repercusiones ambientales, derivadas de la descarga certera de material radiactivo debida a la operación normal de las instalaciones de la industria nucleoelectrónica, también deberían tenerse en

cuenta las repercusiones ambientales posibles derivadas de hipotéticas situaciones anormales. Estas situaciones pueden ocurrir, con una cierta probabilidad que -en general- es función directa de la inconfiabilidad de los sistemas de seguridad y, eventualmente producir una exposición y el consecuente detrimento. Haciendo un razonamiento similar al efectuado anteriormente podrá deducirse que el detrimento en este caso será proporcional a la esperanza matemática de la dosis equivalente colectiva, cuando las exposiciones no se apartan del rango de linealidad.

En consecuencia, un caso ligeramente diferente de exposición a riesgo radiológico puede avisarse. Individuos, que debido a las condiciones prevalentes en su medio ambiente, podrían resultar expuestos a radiación están también sometidos a riesgo. En otras palabras, a riesgo no sólo se someten los individuos que serán seguramente irradiados sino también que podrían hipotéticamente resultar irradiados debido a algún evento al azar, como una situación anormal en una instalación nuclear. Por lo tanto, cuando se consideran situaciones anormales, un segundo orden de estocasticidad puede ser postulado; en este caso, la probabilidad de incurrir efectos deletéreos está dado por el producto entre la probabilidad de ocurrencia de la exposición y el riesgo de incurrir el efecto dada la exposición. La probabilidad de ocurrencia de la exposición depende de la confiabilidad de los sistemas de seguridad; es decir, es función de la confiabilidad individual de los sistemas que lo forman y de su redundancia en el sistema. Siguiendo esta línea de razonamiento, parecería factible que el procedimiento de optimización recomendado por la ICRP y de aplicación particular a los sistemas de protección radiológica que intentan limitar las repercusiones ambientales certeras de la industria nucleoelectrónica, fueran también aplicados a sistemas de seguridad que se disponen para enfrentar situaciones anormales, y por lo tanto, limitar debidamente las repercusiones ambientales globales; v.g. no sólo las certeras sino también las hipotéticas.

Esta propuesta de compatibilización tiene en cuenta situaciones reales que ya se plantean en la industria nucleoelectrónica. La redundancia de los sistemas de seguridad, por ejemplo, se ha venido consiguiendo generalmente con los llamados sistemas de lógica mayoritaria. Estos sistemas de seguridad tienen en cuenta no sólo la confiabilidad desde el punto de vista de la seguridad sino también desde el punto de vista de la disponibilidad de la instalación. La selección de la composición de la lógica se ha venido haciendo mediante la poca sustanciada fórmula de aceptar que la confiabilidad individual por seguridad de los componentes de la lógica sea igual a la que por disponibilidad (por ej. que la probabilidad que un tubo G.M. falle por "no conteo" es igual a la de falla por "descarga") y necesariamente la confiabilidad global por seguridad del sistema debía ser igual a la confiabilidad por disponibilidad; estas suposiciones sin basamento científico, y en general, equivocadas, han sido responsables de que las decisiones sobre qué tipo de lógica mayoritaria a adoptar para los sistemas de seguridad se hayan basado en principio en filosofías muy diferentes a las que son recomendadas para los sistemas de

protección. En efecto, mientras que para fijar los sistemas de protección se ha recomendado un sofisticado método de optimización, básicamente probabilístico en sus basamentos, los sistemas de seguridad se determinan siguiendo principalmente las viejas convenciones de la seguridad clásica, básicamente determinística y empírica. Más aún, la filosofía recomendada por la ICRP raramente ha sido tomada en cuenta para la seguridad nuclear propiamente dicha.

Recientemente se han efectuado evaluaciones de los riesgos accidentales en plantas nucleares comerciales de potencia (19). De esta evaluación se infiere que el riesgo incurrido por la población en general debido a esas plantas es tá bien por debajo de otros riesgos que la población incurre ya sea por catástrofes naturales o por eventos ocasionados por el hombre (ver figura 1). Este bajo nivel de riesgo colectivo parecería ser confirmado por los valores de esperanza matemática de dosis colectiva derivadas por UNSCEAR de aquella evaluación (23).

Sin embargo, si se representan en un plano de co-ordenadas frecuencia estática versus severidad (expresada como escape de I-131) los accidentes considerados en la evolu-ción de referencia (19), se observará que alguno de ellos se ubicarán fuera de los límites de la curva de control propuesta por Farmer (20) (ver figura 2). Si bien la aplicabilidad de esta curva para cualquier emplazamiento (sin tener en cuenta las condiciones radiológicas del mismo) y para cual-quier instalación (sin considerar su inventario radiactivo), ha sido discutida (16), el hecho que algunas de las situacio-nes accidentales evaluadas excedan los límites de la curva indica que la esperanza matemática de escape del material radiactivo en esos casos sería superior a la correspondiente a una instalación cuyas hipotéticas situaciones anormales se ubicaran sobre la curva misma. La esperanza matemática de es-cape de I-131 deducida de la curva de control de Farmer es (22) de algunos curies por año; es decir, la esperanza de es-cape accidental en esas condiciones sería del mismo orden de magnitud que las descargas de I-131 debidas a la operación normal de centrales nucleares BWR y cien veces mayor que las de centrales PWR, GCR y HWR para operaciones realizadas durante 1974 y antes (23) (cuando el mecanismo de optimización no era aplicado). Es decir que, las centrales BWR consideradas en la evaluación de referencia (19) implicarían desde el punto de vista accidental, riesgos individuales algo superiores a los de operación normal sin el requerimiento de optimiza-ción de la protección, (ésto sin tener en cuenta que en situ-aciones accidentales se producirían también efectos agudos no estocásticos). Para las centrales PWR evaluadas, los riesgos individuales serían muy superiores a los de operación normal. Las nuevas recomendaciones de la ICRP podrían hacer más noto-rias estas diferencias. Parecería inferirse, en consecuencia, que los sistemas de seguridad de las plantas comerciales de potencia consideradas en la evaluación (algunas centrales de U.S.A.) no tendrían los niveles de confiabilidad necesarios como para asegurar que el riesgo individual por situaciones anormales sea similar al debido a la operación normal. Para

corregir este desajuste, parecería apropiado utilizar en la de terminación de los sistemas de seguridad nuclear requerimien-
tos similares a los empleados para decidir los sistemas de pro
tección radiológica; particularmente, las recomendaciones de
la ICRP referidas a la optimización de los sistemas. Por todo
lo expuesto, parece necesario que las autoridades nacionales,
al regular las recomendaciones de la ICRP fijando condiciones
de optimización para los sistemas de protección, podrían tener
en cuenta las consideraciones precedentes y de alguna manera
regular también la optimización de los sistemas de seguridad.

4. CONCLUSION

Se han discutido las recomendaciones de la ICRP so-
bre justificabilidad de las prácticas y optimización de la pro
tección radiológica, con particular énfasis sobre las repercus-
siones ambientales de la industria nucleoelectrica.

Se han presentado algunos problemas que podrían sur-
gir para la implementación de esas recomendaciones por las au-
toridades nacionales competentes y por los suministradores y
operadores de las instalaciones afectadas a la industria. Si
bien los problemas derivados de la justificabilidad no son bá-
sicamente radiológicos, las autoridades responsables de las
decisiones deberían disponer de un criterio común para las e-
valuaciones. La implementación de las recomendaciones sobre op-
timización de los sistemas de protección parece una buena opor-
tunidad para racionalizar el método de determinación de los
sistemas de seguridad extrapolando aquellas recomendaciones a
los mismos.

REFERENCIAS

- (1) ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Pergamon Press, London (1977).
- (2) Ref. (1); párrafo 9.
- (3) ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection - ICRP Publication 9, Pergamon Press, London (1965).
- (4) ICRP, Implications of Commission Recommendations that doses be kept as low as readily achievable, ICRP Publication 22, Pergamon Press, London (1973).
- (5) Ref. (1); párrafo 12
- (6) Ref. (1); párrafo 13
- (7) Ref. (1); párrafo 73
- (8) Ref. (1); párrafo 15
- (9) Ref. (1); párrafo 16
- (10) Ref. (1); párrafos 27-30
- (11) Ref. (1); párrafo 24
- (12) Ref. (1); párrafo 23
- (13) Ref. (1); párrafo 75
- (14) Ref. (4); párrafo
- (15) La U.S.N.R.C. ha regulado un valor sustancialmente mayor (U\$S 1.000/man.rem) que los publicados, entre otras, por razones conservativas.
- (16) González, A.J. "Un criterio para la evaluación de la Seguridad nuclear" - IAEA - SM - 188/52 (1974).
- (17) González, A.J. "Radiation Protection and Nuclear Safety; an approach to a common philosophy" (en publicación).
- (18) Ref. (1); párrafo 74
- (19) WASH 1400 (NUREG 75/014) Reactor Safety Study - USNRG (1975).
- (20) Farmer, F.R. "Siting criteria a new approach" Containment and Siting of Nuclear Power Plant (Actas Simp. Viena, 1967), OIEA, Viena (1967) 303.
- (21) Farmer, F.R. Advances in the reliability assessment of reactor systems, Atom 230 (1975).
- (22) Meleis, M., Erdmann, R.C., The development of reactor siting criteria based upon risk probability, Nucl.Saf. 13 (1972), 22; Farmer, F.R., Letters to the editor, Nucl. Saf. 13 (1972)
- (23) UNSCER, Report to the General Assembly, Nuclear Power Production, (en prensa).

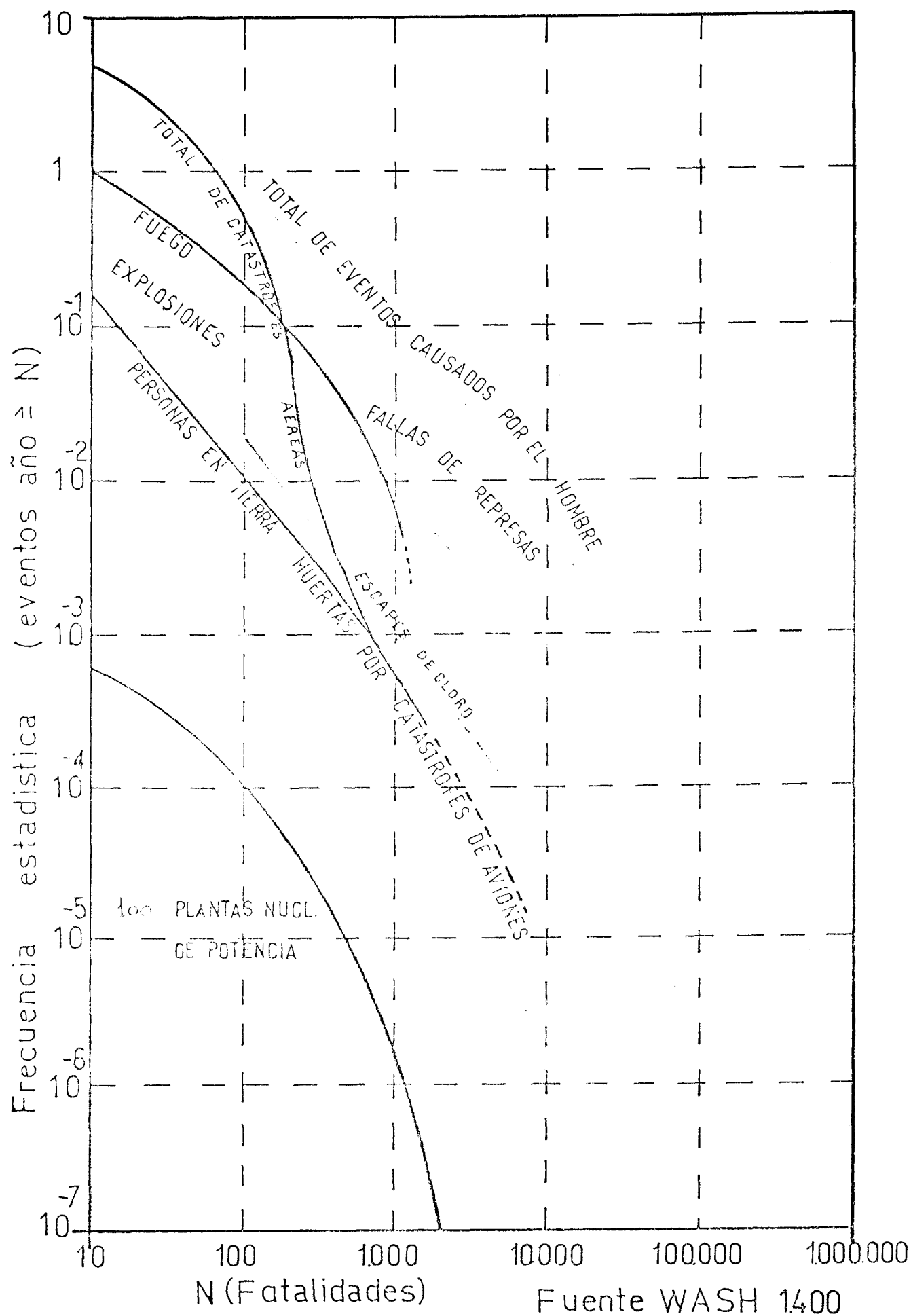


FIGURA 1

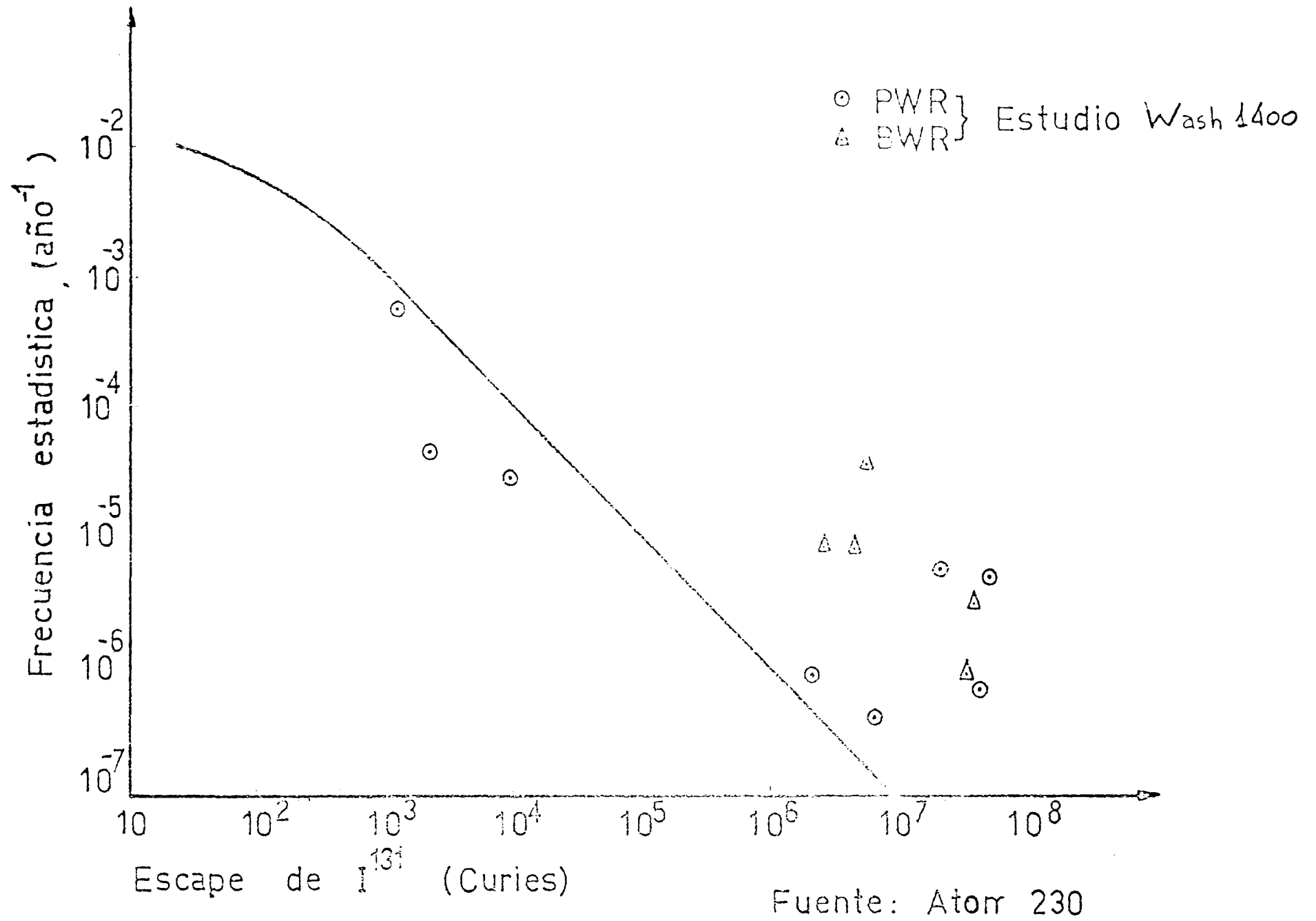


FIGURA 2