



***Términos relacionados con
la seguridad para
centrales nucleares avanzadas***



ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

OIEA

La Sección encargada de la elaboración de esta publicación en el OIEA fue:

Sección de Desarrollo de la Energía Nucleo-eléctrica
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramerstrasse 5
A-1400 Viena, Austria

El OIEA normalmente no mantiene en existencia los informes de esta colección. No obstante, pueden obtenerse copias de estos informes en microficha dirigiéndose a:

Dependencia de Intercambio de Información del INIS
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramerstrasse 5
Apartado de Correos 100
A-1400 Viena (Austria)

Los pedidos deben ir acompañados de un pago por adelantado de 100.- chelines austriacos mediante cheque o cupones del servicio de microfichas del OIEA que pueden pedirse por separado a la dependencia anteriormente citada.

**TERMINOS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD
PARA CENTRALES NUCLEARES AVANZADAS**

OIEA, VIENA, 1995
IAEA-TECDOC-626/S
ISSN 1011-4289

© OIEA, 1995

Impreso por el OIEA en Austria
Diciembre de 1995

PREFACIO

El presente documento se elaboró siguiendo la recomendación de una reunión de Comité Técnico del OIEA sobre la "Definición y comprensión de los términos seguridad técnica, seguridad pasiva y conexos", celebrada en Västerås (Suecia), del 30 de mayo al 2 de junio de 1988. Durante esa reunión se presentó y examinó un gran número de memorias que se ocuparon de estos términos aplicados a los reactores refrigerados por agua (ligera y pesada), y se elaboró un primer borrador de la descripción de estos términos. En la confianza de que un mejor entendimiento común de estos términos, dentro y fuera de la comunidad nuclear, representaría una contribución positiva, el Organismo convocó una Reunión de Consultores en Viena en octubre de 1988 con el propósito de elaborar un borrador más amplio y preciso de la descripción de estos términos y alcanzar un consenso inicial favorable dentro de la comunidad de los reactores de agua. Posteriormente el Organismo hizo llegar ese borrador, con el objeto de recibir comentarios, a las organizaciones que realizan actividades en las esferas de la tecnología de reactores de metal líquido, la tecnología de reactores refrigerados por gas y la fusión nuclear, y a muchas otras organizaciones vinculadas a los reactores de fusión nuclear o a la tecnología nuclear en general. En una memoria titulada "Terminología para futuras centrales nucleares", presentada por E. Lo Prato et al., en el Taller Internacional sobre la seguridad de las instalaciones nucleares de la siguiente generación y posteriores, celebrado en Chicago en agosto de 1989 (cuyas actas se publicaron como documento IAEA-TECDOC-550 en 1990), figuran un examen y observaciones sobre este informe así como un número de interesantes propuestas. Durante una segunda reunión de Consultores celebrada en diciembre de 1990, el documento se volvió a redactar teniendo presentes las indicaciones de dicha memoria y las observaciones recibidas. Dado que algunas de las observaciones representaban malos entendidos y otras no guardaban coherencia entre sí ni con los criterios ya establecidos por los consultores tras plena y detenida consideración, no fue posible incorporar en el nuevo documento todas las sugerencias recibidas.

El Organismo desea expresar su agradecimiento a todas las personas e instituciones que colaboraron en la elaboración del presente documento. Asimismo desea agradecer a todos los participantes en las Reuniones de consultores, quienes se reunieron en dos ocasiones para preparar el documento de borrador definitivo, y examinar e incorporar las observaciones recibidas, contribuyendo así materialmente a su buena ejecución. En particular, cabe destacar la excelente labor realizada por el Sr. T. Pederson, Presidente de la reunión de Comité Técnico en Västerås y de las dos reuniones de consultores editoriales.

NOTA EDITORIAL

Al preparar esta publicación para la imprenta, el personal correspondiente del OIEA ha montado y paginado los manuscritos originales presentados por los autores. Las opiniones de éstos no reflejan necesariamente las de los gobiernos de los Estados Miembros o de las organizaciones que los han propuesto.

Los nombres de los Estados Miembros se han mantenido tal como eran cuando se compiló el texto.

Las denominaciones concretas de países o territorios empleadas en esta publicación no implican juicio alguno por parte del OIEA sobre la condición jurídica de dichos países o territorios, de sus autoridades e instituciones, ni del trazado de sus fronteras.

La mención de nombres de determinadas empresas o productos (se indiquen o no como registrados) no implica ninguna intención de violar derechos de propiedad ni debe interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.

INDICE

1. INTRODUCCION	7
2. EXAMEN GENERAL DE LOS CONCEPTOS DE SEGURIDAD	9
2.1. Criterios para la descripción de los términos	9
2.2. Explicación de diversos conceptos	9
3. DESCRIPCION DE LOS TERMINOS	13
APENDICE A: GAMA DE POSIBILIDADES DE PASIVO A ACTIVO	15
APENDICE B: OBSERVACIONES EXPLICATIVAS Y COMPLEMENTARIAS	19
ANEXO: LISTA DE MEMORIAS PRESENTADAS EN LA REUNION DE COMITE TECNICO SOBRE LA DEFINICION Y COMPRESION DE LOS TERMINOS SEGURIDAD TECNICA, SEGURIDAD PASIVA Y CONEXOS, VÄSTERAS (SUECIA), 30 DE MAYO A 2 DE JUNIO DE 1988	21
COLABORADORES EN LAS ACTIVIDADES DE REDACCION Y REVISION	23

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

1. INTRODUCCION

Algunos términos relacionados con la seguridad tales como seguridad pasiva e inherente se han utilizado ampliamente, en particular con respecto a centrales nucleares avanzadas, por lo general sin definición y a veces con definiciones incompatibles entre sí.

Teniendo en cuenta la importancia de la comunicación, tanto con el público como con la comunidad técnica en general y entre los diseñadores de diferentes líneas de reactores avanzados dentro de la propia industria nuclear, conviene alcanzar coherencia y consenso internacional en relación con los términos que se utilizan para describir los diversos enfoques del desarrollo de los tipos de reactores avanzados y --en la medida en que resulte práctico-- con el posible mejoramiento de los reactores actuales.

Los actuales reactores de potencia utilizan una combinación de características de seguridad inherente y sistemas de seguridad técnica, cuya función puede ser activa o pasiva. En el último decenio se han formulado muchas propuestas relativas a la aplicación de diferentes tecnologías para reducir la dependencia en los sistemas activos. Se espera que estos nuevos diseños contribuyan eficazmente, mediante la simplificación, a mejorar la economía en términos de costos de construcción, operación y mantenimiento, facilidad de operación y fiabilidad de los equipos y sistemas.

El presente documento se ocupa de aquellos términos que se utilizan ampliamente en la actualidad sin que exista un consenso universal en cuanto a su significado. Otros términos relacionados con la seguridad están ya definidos en los códigos y normas internacionales así como en la Colección de Normas de Seguridad Nuclear del Organismo (NUSS). La mayoría de los términos empleados en esos códigos y normas se han definido y utilizado con fines de reglamentación, generalmente para aplicación a los actuales diseños de reactores. No se pretende duplicar aquí la descripción de esos términos reglamentarios sino únicamente aclarar aquellos que se utilizan en las centrales nucleares avanzadas.

Se incluyen solo algunos de los términos, tales como "componente activo" y "componente pasivo", que se utilizan tanto en la esfera de la reglamentación como para conceptos avanzados.

En el presente documento se describen los siguientes términos:

- características de seguridad inherente
- componente pasivo
- componente activo
- sistema pasivo
- sistema activo
- fallo sin riesgo
- período de gracia
- a prueba de impericia
- tolerante a fallos/errores
- sistema de seguridad simplificado
- seguridad transparente.

El propósito general de una descripción detallada y un mejor consenso internacional en relación con estos términos es:

- ayudar a eliminar la confusión y el empleo erróneo de los términos por los miembros de la comunidad nuclear, haciendo que dichos

términos adquirieran un significado más preciso y mejorando así la comunicación dentro de la comunidad técnica;

- ayudar a aclarar el razonamiento técnico con respecto a los términos de seguridad que se utilizan para mejorar la seguridad y ayudar así al mejoramiento de los futuros diseños; y
- contribuir a la futura aceptación de la energía nucleoelectrica ofreciendo significados técnicos de gran precisión para los términos comúnmente utilizados por el público y en otras tecnologías, significados que deben corresponder a ese uso común, mejorando así la confianza por parte del público en la comunidad nuclear (y tal vez en otras de carácter técnico).

La finalidad de este documento es presentar una mejor descripción técnica de esta terminología y alcanzar mayor comprensión y consenso en cuanto a su significado y uso correcto.

Muchos de los términos que se describen en el presente documento se utilizan ampliamente en algunos países, a veces sin una adecuada comprensión de su significado y de lo que representan. El propósito de este documento no es el de promover una utilización más amplia de estos términos, sino más bien aclarar su significado. Muchos de estos términos pueden tener un carácter dudoso para quien no es experto en el tema y llevar al público a conclusiones inconvenientes, que los diseñadores de las centrales avanzadas no tenían intención de originar. Se determinó que los términos a incluirse en el presente documento debían ser aquellos que estuvieran ya utilizándose de manera bastante común y amplia, independientemente de que dicho empleo fuese o no conveniente. Se estudió y rechazó la posibilidad de excluir ciertos términos considerados por algunos como inconvenientes (en caso de alcanzarse un consenso acerca de cuáles serían esos términos). La omisión de términos aquí no ayudará a eliminar su uso, mientras que su inclusión y examen podría ayudar a que su empleo sea más válido y significativo en un sentido técnico, y en algunos casos podría también limitar o reducir grandemente dicho uso. Por último, cabe mencionar que la descripción de algunos términos que podrían ser útiles y que no se emplean actualmente se omitió deliberadamente para evitar así acuñar o promover nuevos términos relacionados con la seguridad.

El proceso para superar las diferencias entre los distintos intereses y la comprensión cultural de los vocablos ha sido difícil. Con frecuencia fue necesario encontrar una solución intermedia a nivel internacional.

2. EXAMEN GENERAL DE LOS CONCEPTOS DE SEGURIDAD

2.1. Criterios para la descripción de los términos

Para llevar a la práctica la descripción de los distintos términos relacionados con la seguridad de las centrales nucleares avanzadas se determinaron y aplicaron un número de criterios. Por ejemplo, las descripciones debían ajustarse al concepto racional, general y amplio de cada uno de esos términos que tuvieran el público y la comunidad técnica. La aplicación de los términos debería concordar con la experiencia cotidiana y común del público con las fuentes no nucleares de accidentes tales como automóviles, aviones, fuego, etc. Dado que muchos de estos términos se utilizan también en las tecnologías no nucleares (por ejemplo, en la industria química) que el público percibe como fuentes de peligro, pero que a diferencia de los automóviles y aviones no se conocen suficientemente, las descripciones deberían ser compatibles con los usos razonables en esas otras tecnologías. Las definiciones de los diccionarios tienden a describir tales concepciones del público en términos sumamente amplios y generales; las descripciones que figuran en el presente documento no deberían contradecir las definiciones de los diccionarios sino incluir todo elemento de elaboración, perfeccionamiento o especificación necesario para que sean aplicables y útiles en los sistemas nucleoelectrónicos avanzados.

Otro criterio importante es la claridad y facilidad de aplicación; no deberían existir ambigüedades, lo que permitiría a cualquier persona con conocimientos acerca de un determinado componente o sistema determinar rápida y fácilmente si se ajustan o no a la descripción. Esta posibilidad de "determinar fácilmente" la corrección del término tiene carácter cualitativo más bien que cuantitativo. Cumplir un criterio cuantitativo exige análisis, supuestos, programas de computadora, etc., y, en consecuencia, se pasa a depender de los detalles y a estar sujeto a las incertidumbres en cuanto a la manera precisa en que se afirma haber cumplido con los criterios cuantitativos. Por último, cada descripción debe pasar satisfactoriamente una "prueba de cordura", es decir, no debe conducir a resultados absurdos tales como permitir que las centrales de Chernobyl o Three Mile Island se describan como inherentemente seguras, basándose únicamente en información disponible con anterioridad a los accidentes.

2.2. Explicación de diversos conceptos

- 1) Seguridad Inherente* se refiere al logro de la seguridad mediante la eliminación o exclusión de peligros inherentes gracias a las selecciones de diseño conceptual fundamental efectuadas para la central nuclear. Los posibles riesgos inherentes a una central nuclear incluyen los productos de fisión radiactivos y su calor de desintegración asociado, el exceso de reactividad y su potencial asociado para excursiones de potencia, y las liberaciones de energía debido a altas temperaturas, alta presión y reacciones químicas energéticas.

Es necesario eliminar todos estos peligros para que una central nuclear sea inherentemente segura. En el caso de los tamaños de reactores de potencia prácticos esto parece ser imposible. En consecuencia, habría que evitar el uso indebido del término "inherentemente seguro" aplicado a toda la central nuclear o a su reactor.

* El término intrínseco se considera sinónimo de inherente.

- 2) Por otro lado, un diseño de reactor en el cual se ha eliminado uno de los peligros inherentes es inherentemente seguro con respecto al peligro eliminado. Una característica de seguridad inherente* es una propiedad fundamental del concepto de diseño que es resultado de la selección básica de los materiales utilizados o de otros aspectos del diseño que garantizan que un determinado peligro potencial no se convierta de ningún modo en una inquietud en materia de seguridad.

Ningún tipo de modificación, como pueden ser los cambios interna o externamente producidos en la configuración típica puede dar como resultado una condición de inseguridad. Por ejemplo, una central en la que no se empleen materiales combustibles sería inherentemente segura contra incendio, independientemente de cualquier otra cosa que pudiera ocurrir durante un accidente.

Como se ha descrito, la seguridad inherente equivale a la seguridad absoluta; es decir, una característica de seguridad inherente no está sujeta a fallo de ningún tipo. Dicho en otras palabras, una característica de seguridad inherente representa seguridad concluyente o determinista, no seguridad probabilista.

- 3) Cuando no se ha eliminado un peligro inherente, el diseño contiene sistemas, estructuras o componentes de seguridad técnica para que su empleo sea aceptable sin riesgo indebido. Por lo general, se tiene por objeto impedir, mitigar o contener posibles accidentes. Si bien uno de los objetivos del diseño es conferirles gran fiabilidad, en principio siguen estando sujetos a fallos (por muy baja que sea la probabilidad de tales fallos), a diferencia de las características de seguridad inherente.
- 4) Los conceptos de seguridad activa y pasiva describen la manera en que funcionan los sistemas, estructuras o componentes técnicos de seguridad y se diferencian entre sí determinando la existencia de alguna dependencia en potencia, señales o fuerzas externas mecánicas y/o eléctricas. La ausencia de tal dependencia en la seguridad pasiva significa que la dependencia radica más bien en las leyes naturales, las propiedades de los materiales y la energía almacenada internamente. Algunas posibles causas de fallos en los sistemas activos, tales como falta de acción humana o fallo de potencia, no ocurren cuando se dispone de seguridad pasiva. Sin embargo, es importante señalar que los dispositivos pasivos siguen estando sujetos a otras clases de fallos, tales como los que se producen a causa de fallos mecánicos o estructurales o interferencia humana intencionada. En consecuencia, la seguridad pasiva no es sinónimo de seguridad inherente o fiabilidad absoluta.
- 5) El concepto de pasividad tal como se ha descrito puede considerarse en términos de varios grados o categorías que se describen y examinan en el Apéndice A. Los sistemas de seguridad pueden clasificarse en las categorías superiores de pasividad cuando todos sus componentes necesarios para la seguridad son pasivos. Los sistemas que no dependen de suministro externo de corriente sino que utilizan una fuente de energía interna y propia (por ejemplo, una batería) para alimentar un componente activo, no están sujetos a fallos normales, externamente causados, y se incluyen en la categoría de pasividad más baja. Esta clase de sistema tiene características activas y pasivas en diferentes momentos, por ejemplo, la apertura activa de una válvula inicia una subsiguiente operación pasiva por convección natural. En el Apéndice B figuran observaciones explicativas y complementarias sobre la elaboración de estos conceptos de seguridad inherente y pasiva.

- 6) Fallo sin riesgo se refiere al comportamiento, luego del fallo (sea interno o externo) de un componente o sistema. Cuando un determinado fallo conduce directamente a una situación de seguridad, el componente o sistema es de fallo sin riesgo con respecto a dicho fallo. Si el fallo conduce a una situación de seguridad solo indirectamente, como por ejemplo mediante la activación de un sistema redundante, no se cumple el criterio de fallo sin riesgo.

En principio, el concepto de fallo sin riesgo es significativo únicamente en el contexto de un determinado fallo y situación, dado que los sistemas pueden ser vulnerables a muchas clases de fallos y en diferentes situaciones pueden ser de fallo sin riesgo con respecto a algunos de ellos y no con respecto a los demás.

- 7) El término período de gracia describe la capacidad de una central para mantenerse en condiciones de seguridad durante un período considerable tras un incidente o accidente, sin necesidad de ningún tipo de intervención humana. La estimación de un valor para el período de gracia de una determinada central exige tanto la definición de los accidentes que hay que considerar como la determinación de un límite numérico para la dosis de radiación externa admisible para tales accidentes durante el período de gracia. Las estimaciones de los límites de dosis y accidentes son necesariamente específicas del diseño de la planta, el emplazamiento y el régimen al que se sujeta la concesión de licencias. No se procede a una descripción más amplia de estos conceptos aquí por el hecho de que solo se pretende describir los conceptos generales que sirven de base a los distintos términos.

El concepto abandono sin riesgo se ha utilizado también en contextos análogos a los del período de gracia. Si bien este término nunca tuvo por objeto dar a entender que el personal de la central puede realmente abandonarla después de un incidente, existe la posibilidad de ese malentendido. Al especificar la duración de un período de gracia se señala el período de tiempo durante el cual puede decirse que el abandono es sin riesgo. El empleo del término abandono sin riesgo es innecesario y debe evitarse.

- 8) Dado que las operaciones, en el peor de los casos, pueden entrañar error humano o acciones equivocadas que dan inicio a condiciones de trastorno o a la no adopción de medidas obvias prescritas durante una emergencia, otro término para describir la seguridad con respecto a la acción o inacción humana, a prueba de impericia, suele también utilizarse a menudo. A prueba de impericia significa el logro de la seguridad independientemente de cualquier acción o inacción humana defectuosa pero bien intencionada; por ejemplo, mediante la simplificación y buena práctica ergonómica.
- 9) Los términos permisivo, tolerante a errores o, de preferencia, tolerante a fallos son términos relativos que se utilizan a veces para describir el grado en que se puede tolerar la inacción (o acción humana errónea). Tolerante a fallos se utiliza también de manera análoga con respecto a fallos mecánicos o eléctricos o funcionamiento defectuoso. Como términos relativos, pueden utilizarse de modo válido sólo para comparar dos diseños específicos; cualquier aseveración en el sentido de que un determinado diseño es "tolerante a fallos" o "permisivo" en sí mismo, carece de sentido y debe evitarse. El grado de tolerancia de la inacción del operador se asocia generalmente a características dinámicas, tales como gran inercia térmica o amplios márgenes de funcionamiento con respecto a límites de seguridad, lo que permite contar con más tiempo antes de que sea necesario aplicar medidas correctivas.

- 10) El diseño para alcanzar la seguridad mediante la simplificación evita la complejidad utilizando un número mínimo de componentes para alcanzar la función de seguridad y depender en el menor grado posible de los sistemas de apoyo. Se deberían así reducir al mínimo los errores del operador y la necesidad de efectuar actividades de mantenimiento y ensayo. La adopción de una función de seguridad simplificada puede requerir una distinción más clara entre misiones de seguridad tales como las destinadas a proteger la integridad del combustible o a evitar la liberación de radiactividad al medio ambiente.

- 11) La seguridad transparente es seguridad obvia o fácilmente comprensible y suele ser resultado de características de seguridad inherente y de conceptos de diseño sencillos y claros. Dado que se trata de un término relativo, necesariamente dependiente de los conocimientos, la experiencia y la inteligencia de la persona que está tratando de comprender el concepto de seguridad, el grado más alto de transparencia se asocia a la fácil comprensión por el lego más bien que por el experto.

3. DESCRIPCION DE LOS TERMINOS

- 1) Característica de seguridad inherente (Inherent safety characteristic)
Seguridad alcanzada por la eliminación de un peligro específico mediante la selección del material y concepto de diseño.
- 2) Componente pasivo (Passive component)
Aquel componente que no necesita ningún tipo de señal externa para su funcionamiento.
- 3) Componente activo (Active component)
Cualquier componente que no sea pasivo es activo.
- 4) Sistema pasivo (Passive system)
Puede tratarse de un sistema integrado totalmente por componentes y estructuras pasivas o un sistema que utilice componentes activos de manera sumamente limitada* para iniciar una subsiguiente operación pasiva.
- 5) Sistema activo (Active system)
Cualquier sistema que no sea pasivo es activo.
- 6) Fallo sin riesgo (Fail-safe)
Término que describe el comportamiento de un componente o sistema, después de un fallo (interno o externo). Si un determinado fallo conduce directamente a una situación de seguridad, el componente de un sistema es de fallo sin riesgo con respecto a dicho fallo.
- 7) Período de gracia (Grace period)
Período de tiempo durante el cual una función de seguridad está garantizada sin necesidad de actuación del personal en caso de un incidente o accidente.
- 8) A prueba de impericia (Foolproof)
Seguridad a prueba de error humano o acción humana errónea.
- 9) Tolerante a fallos/errores (permisividad) (Faul-/error-tolerant) (Forgivingness)
Tolerante a fallos/errores y permisividad describen el grado en que se puede tolerar fallos de equipo o inacción humana (o acción errónea).
- 10) Sistema de seguridad simplificado (Simplified safety system)
Un sistema diseñado con un número mínimo de componentes para alcanzar la función de seguridad conexas y depender en el menor grado posible de sistemas de apoyo.
- 11) Seguridad transparente (Transparent safety)
La seguridad que es obvia o fácilmente comprensible; esto normalmente se obtiene con conceptos de diseño sencillos y claros o características de seguridad inherente.

* Véase el Apéndice A para la explicación de las limitaciones.

Apéndice A

GAMA DE POSIBILIDADES DE PASIVO A ACTIVO

Al examinar las distinciones entre funciones activas y pasivas y dentro de cada una de esas dos categorías se determinó la existencia de todo un espectro de posibilidades. Se hacen estas observaciones con el objeto de abordar de modo cualitativo esta difícil cuestión.

Tratándose de componentes y sistemas (pero no estructuras) con funciones de seguridad, deben existir por lo menos dos estados que correspondan a la función normal y a la función de seguridad. Luego, para cambiar del estado normal al de seguridad:

- debe existir "inteligencia", como por ejemplo, una señal o un cambio paramétrico para iniciar la acción;
- debe existir potencia y diferencia de potencial o fuerza motriz para cambiar de estado; y
- deben existir los medios para continuar funcionando en el segundo estado.

Un componente o sistema puede llamarse pasivo cuando las tres funciones anteriores se cumplen sin alimentación externa. A la inversa, se considera activo cuando necesita alimentación externa.

Sin embargo, hay otros factores que deben tenerse en cuenta, dado que el término pasivo tiene una connotación de actuación superior que no se puede aceptar sin previa evaluación y justificación.

Estas otras consideraciones incluyen lo siguiente:

- fiabilidad y disponibilidad a corto y largo plazo y bajo condiciones adversas;
- longevidad; el equivalente de período de vida en condiciones normales de conservación, no sujetas a corrosión o deformación por fluencia, etc.;
- los requisitos de ensayo o demostración; y
- simplificación e interacción hombre-máquina.

Sobre la base de estas consideraciones es posible determinar algunas categorías generales de pasividad para evaluación y clasificación cualitativas. Las siguientes categorías pueden considerarse pasivas:

Categoría A

Esta categoría se caracteriza por lo siguiente:

- ausencia de señales de entrada de "inteligencia", ausencia de fuerzas o fuentes de energía externas,
- ausencia de partes mecánicas móviles,
- ausencia de fluido de trabajo móvil.

(La característica de inmovilidad no se aplica a los cambios inevitables de geometría tales como la expansión térmica).

Entre los ejemplos de características de seguridad incluidas en esta categoría tenemos:

- las barreras físicas contra la liberación de productos de fisión, tales como la vaina del combustible nuclear y los sistemas de barrera de presión;
- las estructuras de construcción reforzadas para protección de la planta contra fenómenos sísmicos u otros factores externos;
- los sistemas de refrigeración del núcleo basados únicamente en la radiación y/o conducción del calor del combustible nuclear hacia las partes estructurales externas, con el reactor en parada caliente; y
- los componentes estáticos de sistemas pasivos relacionados con la seguridad (por ejemplo, tubos, presionadores, acumuladores, tanques de alivio), así como piezas estructurales (por ejemplo, soportes, blindajes).

Categoría B

Esta categoría se caracteriza por lo siguiente:

- ausencia de señales de entrada de "inteligencia", ausencia de fuerzas o fuentes de energía externas,
- ausencia de piezas mecánicas móviles, pero
- fluidos de trabajo móviles.

El movimiento fluido se debe únicamente a las condiciones termohidráulicas existentes cuando se activa la función de seguridad. No se hace ninguna distinción entre los fluidos de diferente naturaleza (por ejemplo, agua borada y aire) aunque la naturaleza del fluido circulante puede ser importante para el cumplimiento de la función que se efectúa dentro de esta categoría.

Entre los ejemplos de características de seguridad que se incluyen en esta categoría tenemos los siguientes:

- sistemas de refrigeración de emergencia/parada del reactor basados en la inyección de agua borada producida por la perturbación de un equilibrio hidrostático entre la barrera de presión y una piscina de agua externa;
- sistemas de refrigeración de emergencia del reactor basados en circulación natural de aire o agua en intercambiadores de calor sumergidos en piscinas de agua (contención interna) a los que se transfiere directamente el calor de desintegración;
- sistemas de refrigeración de la contención basados en circulación natural de aire alrededor de las paredes de la contención, con entrada y salida a través de una chimenea o de tubos que cubren las paredes internas de la cavidad en que se alojan los reactores subterráneos; y
- puertas fluidas entre los sistemas del proceso, tales como las "líneas de alivio" de los PWR.

Categoría C

Esta categoría se caracteriza por lo siguiente:

- no hay señales de entrada de "inteligencia", tampoco fuerzas o fuentes de energía externas; pero sí
- partes mecánicas móviles, independientemente de que existan o no fluidos energéticos móviles.

El movimiento fluido tiene las mismas características que en la categoría B; los movimientos mecánicos se deben a desequilibrios dentro del sistema (por ejemplo, presión estática en las válvulas de un solo paso y de alivio, presión hidrostática en los acumuladores) y fuerzas directamente ejercidas por el proceso. Entre los ejemplos de características de seguridad que se incluyen en esta categoría tenemos:

- sistemas de inyección de emergencia consistentes en acumuladores o tanques de almacenamiento y líneas de descarga equipadas con válvulas de un solo paso;
- protección contra la sobrepresión y/o dispositivos de refrigeración de emergencia de sistemas de barrera de presión basados en liberación de fluidos a través de válvulas de alivio;
- sistemas de venteo con filtro de las contenciones activados por discos de ruptura; y
- accionadores mecánicos, tales como válvulas de un solo paso y válvulas de alivio con resorte, así como algunos mecanismos de disparo, (por ejemplo, presión, temperatura y accionadores de nivel).

Categoría D

Corresponde a esta categoría la zona intermedia entre las funciones activas y pasivas, donde la ejecución de la función de seguridad se efectúa mediante métodos pasivos, como se describe en las categorías anteriores, a excepción de que no se dispone de inteligencia interna para iniciar el proceso. En estos casos se permite que una señal externa dé inicio al proceso pasivo. Para diferenciarla, esta categoría se suele denominar "ejecución pasiva/inicio activo".

Dado que deben aún garantizarse algunas características deseables, que por lo general se asocian a los sistemas pasivos (tales como independencia de fuentes de alimentación externas y de la actuación humana), por lo general el proceso de inicio debe cumplir los siguientes requisitos:

- la energía debe obtenerse únicamente de fuentes almacenadas tales como baterías o fluidos comprimidos o elevados, excluyendo la energía generada de manera continua, como la corriente alterna normal de maquinaria de rotación continua o alternativa;
- los componentes activos deben limitarse a controles, instrumentación y válvulas, pero las válvulas utilizadas para iniciar el funcionamiento del sistema de seguridad deben ser de simple efecto, inducido por energía almacenada; y
- no existe inicio manual.

Entre los ejemplos de sistemas de seguridad que pueden incluirse en esta categoría tenemos los siguientes:

- sistemas de emergencia de refrigeración/inyección del núcleo, basados en circulación de fluido impulsado por gravedad o nitrógeno a presión, iniciada por válvulas con batería, eléctrica o electropneumática, actuando con lógica de fallo sin riesgo;
- sistemas de emergencia de refrigeración del núcleo, basados en flujo de agua impulsada por gravedad, activados por válvulas que se abren en demanda (si puede identificarse un proceso adecuado de cualificación de los accionadores); y
- sistemas de parada de emergencia del reactor basados en barras de control accionadas por gravedad o presión estática, activadas por lógica de disparo de fallo sin riesgo.

Conclusiones

El espectro de posibilidades de pasivo a activo bien puede tener categorías adicionales. Sin embargo, todos los sistemas pasivos deben ser básicamente autónomos; cuanto más elevado el grado de autonomía tanto mayor el grado de pasividad. Otro rango de posibilidades abarca hasta el estado totalmente activo, donde todas las funciones básicas se suministran externamente.

Debe hacerse hincapié en el hecho de que la pasividad no es sinónimo de fiabilidad o disponibilidad, y menos aún de idoneidad garantizada de la característica de seguridad, si bien varios factores potencialmente adversos al funcionamiento pueden contrarrestarse con más facilidad mediante un diseño pasivo. Por otro lado, los diseños activos que emplean controles variables permiten efectuar las funciones de seguridad con mucha mayor precisión; esto puede ser particularmente conveniente en situaciones de gestión de accidentes.

Una característica de seguridad que se clasifique en una categoría de pasividad baja no es necesariamente menos conveniente que otra en una categoría superior diseñada para la misma función; la diferencia de categorización solo significa una diferencia en el grado de aplicación del principio de la seguridad pasiva.

Apéndice B

OBSERVACIONES EXPLICATIVAS Y COMPLEMENTARIAS

La labor de los consultores en relación con la descripción del concepto de seguridad inherente se vio facilitada por un amplio documento sobre este tema, publicado por Trevor A. Kletz, del Reino Unido (1). Este documento se ocupa de la seguridad en la industria química, más que en las centrales nucleares, resulta convincente y de fácil lectura, y los conceptos presentados están recibiendo amplia aceptación en esa industria. Si bien Kletz en ningún momento define explícitamente la seguridad inherente, el actual enfoque de la seguridad inherente y las características de seguridad inherente representa la aplicación de los conceptos de Kletz a las centrales nucleares de manera concisa. La lectura del documento de Kletz se recomienda enfáticamente como medio de obtener una mayor comprensión de las repercusiones de la seguridad inherente. Sin embargo, debe hacerse hincapié en el hecho de que el empleo de estos conceptos de seguridad inherente en la tecnología de reactores nucleares no es nuevo; por ejemplo, en 1961 las características de seguridad de los reactores de agua a presión se describieron de manera plenamente concordante con Kletz y las descripciones que aquí se presentan (2).

Para la descripción de las características que distinguen a los componentes pasivos de los activos en este documento, se propusieron y examinaron dos enfoques: el concepto de "ausencia de potencia, señales o fuerzas externas mecánicas y/o eléctricas" y el de "ausencia de partes móviles". El borrador inicial de la reunión de Västeras utilizó este último concepto, pero con una declaración acompañante de pie de página indicando la existencia de posibles excepciones tales como "discos de ruptura, válvulas de un solo paso, válvulas de seguridad, inyectores y algunos dispositivos electrónicos de estado sólido". Durante el examen de estos enfoques, se llegó a un acuerdo en el sentido de que los discos de ruptura debían considerarse pasivos pese a la "parte móvil", pero que una aceptación análoga de las válvulas de un solo paso, por ejemplo, era difícil para algunos miembros del grupo, principalmente por considerarse que las válvulas de un solo paso podían no ser suficientemente fiables. Tras un examen más detallado pareció existir la opinión de que la característica distintiva de la pasividad debía basarse en el principio del funcionamiento, más bien que en criterios de fiabilidad. La calidad del diseño, la ingeniería, los materiales, la manufactura, las operaciones, el mantenimiento, etc., todo ello afecta la fiabilidad, por lo que es posible alcanzar un alto grado de fiabilidad (o adolecer de baja fiabilidad) con componentes pasivos o activos. En consecuencia, se prefirió el concepto "ausencia de alimentación externa", ya que no necesitaba ninguna declaración mal definida con respecto a las excepciones.

Durante posteriores análisis de los sistemas pasivos frente a los activos, se elaboró el concepto de una serie de diferentes grados de pasividad. Esta serie abarca un espectro que va desde "inexistencia de partes móviles, inexistencia de fluidos móviles" en un extremo, hasta un sistema que reúne los criterios para clasificarse como pasivo, tras un inicio activo. Luego de mayor debate, se aceptó la serie de diferentes grados de pasividad que se describen en el Apéndice A. En ese Apéndice, los sistemas "activamente accionados" representan la categoría más baja de pasividad.

Referencias

1. Trevor A. Kletz, "CHEAPER, SAFER PLANTS or Wealth and Safety at Work--
-Notes on Inherently Safer and Simpler Plants", segunda edición, 1985,
disponible solicitándolo a Institution of Chemical Engineers, 165-171
Railway Terrace, Rugby, Warwickshire CV21 2HQ, Reino Unido.
2. Technical Safety Evaluation of the N.S. Savannah, Comunidad Europea de
Energía Atómica, Bruselas, octubre 1961, págs. 21-22.

Anexo

LISTA DE MEMORIAS PRESENTADAS EN LA REUNION DE COMITE TECNICO
SOBRE LA DEFINICION Y COMPRESION DE LOS TERMINOS
SEGURIDAD TECNICA, SEGURIDAD PASIVA Y CONEXOS
Västeras (Suecia), 30 de mayo a 2 de junio de 1988

Development of safety terms for both qualitative understanding and a quantitative application

R.E. Touzet

Advanced reactor concepts and safety

J.J. Lipsett

Safety category and inherent safety for water-cooled reactor

Zhang Senru

Thoughts about safety concepts and definition of safety terms in Federal Republic of Germany

P.-J. Meyer

Definition of some terms related to nuclear reactor safety and some discussions on passive cooling of reactor core under certain operational states

V. Venkat Raj

Formulating definitions of safety-related terms

M. Aritomi, K. Tominaga

Definitions of safety-related terms

M. Aritomi, K. Tominaga

Definitions for new safety features and their consequences

L. Noviello, S. Reynaud

Passive safety versus traditional safety concepts, goals, potentials and implications

T. Pedersen, T. Oehlin

Discussion of suggested definitions of terms describing passive safety

T. Pedersen

Implications of passive safety based on historical industrial experience

C.W. Forsberg

A discussion of definitions and usage of terms implying highly desirable nuclear safety characteristics

P.M. Lang

Basic theses and terms of concepts of light-water reactors with improved safety in the USSR

V.A. Voznesensky, V.G. Fyodorov

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

COLABORADORES EN LAS ACTIVIDADES DE REDACCION Y REVISION

Aritomi, M.	Nuclear Power Engineering Test Center, Japón
Crijins, J.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Dastidar, P.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Dennielou, Y.	EDF/Septen, Francia
Fischer, J.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Forsberg, C.	Oak Ridge National Laboratory, EE.UU.
Hirabayasi, K.	Nuclear Power Engineering Test Center, Japón
Imoto, R.	Agency of Natural Resources and Energy, Japón
Jegorov, V.V.	Ministry for Nuclear Power Stations, URSS
Kleinpeter, M.	Organisation des Producteurs d'energie Nucléaire (OPEN), Francia
Krett, V.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Kupitz, J.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Lang, P.	U.S. Department of Energy, EE.UU.
Lipsett, J.J.	AECL Research, Canadá
Mertens, J.	Forschungszentrum Juelich, Alemania
Meyer, P.-J.	Siemens, Alemania
Mohsen, B.El-Din-Ahmed	Imatran Voima Oy, Finlandia
Nikitin, M.V.	State Committee for Utilization of Atomic Energy, URSS
Noviello, L.	Standard Nuclear Station Design, ENEL DSR, Italia
Oka, Y.	The University of Tokyo, Japón
Pedersen, T.J.	Reaktordivisionen, ABB ATOM AB, Suecia
Reynaud, S.	ENEL ESE/VTA, Italia
Sheng, W.	Organismo Internacional de Energía Atómica, Austria
Shen, W.	Ministry of Nuclear Industry, China
Taketani, K.	Fuji Electric Co., Ltd., Japón
Tchurillin, S.A.	USSR State Committee for Supervision for Safe Work in Nuclear Industry, URSS
Tominaga, K.	Nuclear Power Engineering Test Center, Japón
Touzet, R.	Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina
Venkat Raj	Bhabha Atomic Research Centre, India
Vivante, C.	Comisión de las Comunidades Europeas, Bélgica
Voznesenskij, V.A.	I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy, URSS
Weisbrodt, I.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Zhang, S.	Southwest Center for Reactor Engineering Research and Design, China

Reunión de consultores para alcanzar armonización y transparencia
en el empleo de términos y definiciones para describir las
características pasivas de los reactores avanzados
3 a 6 de diciembre de 1990, CIV, Viena

Reunión de consultores sobre la descripción de
términos relacionados con la seguridad pasiva
3 a 5 de octubre de 1988, CIV, Viena

Reunión de Comité Técnico sobre la definición y comprensión de
los términos seguridad técnica, seguridad pasiva y conexos
Västeras (Suecia), 30 de mayo a 2 de junio de 1988