

# Conferencia General

**GC(65)/INF/11**

20 de agosto de 2021

**Distribución general**

Español

Original: inglés

---

## **Sexagésima quinta reunión ordinaria**

Punto 15 del orden del día provisional  
(GC(65)/1 y Add.1)

# Comunicación de fecha 8 de julio de 2021 del Presidente del Grupo Internacional de Seguridad Nuclear (INSAG)

El 8 de julio de 2021, el Director General recibió una carta del Presidente del INSAG, el Sr. Richard Meserve, en la que este ofrece su punto de vista sobre cuestiones relativas a la seguridad que están empezando a plantearse. Mediante el presente documento se distribuye esa carta, para información de la Conferencia General.



## INSTITUCIÓN CARNEGIE PARA LA CIENCIA

Richard A. Meserve  
Presidente Emérito  
rmeserve@carnegiescience.edu

8 de julio de 2021

Estimado Sr. Director General Grossi:

Me dirijo a usted en calidad de Presidente del Grupo Internacional de Seguridad Nuclear (INSAG). De conformidad con nuestro mandato, el INSAG debe transmitir “recomendaciones y opiniones sobre cuestiones de seguridad que están empezando a plantearse” al OIEA y a otras partes. Durante mi mandato como Presidente, he tratado generalmente de cumplir esa obligación por medio de diferentes informes del INSAG, así como de una carta anual. La presente es la aportación del año en curso a las cartas anuales. Mis cartas anteriores pueden consultarse en el sitio web del INSAG, en la dirección: <http://goto.iaea.org/insag>.

En la presente carta me centraré en el gran interés que suscitan los diseños de reactores avanzados innovadores y en la necesidad de que los Estados Miembros que contemplan su despliegue adopten medidas al respecto. La energía nucleoelectrónica es un importante instrumento en la lucha contra el cambio climático, y los reactores avanzados podrían ofrecer ventajas frente a las centrales existentes a efectos de generar electricidad sin emisiones de carbono en cantidad suficiente para responder al desafío existencial que supone el cambio climático. El OIEA está poniendo todo su empeño en abordar las cuestiones relacionadas con la posible transición a los reactores avanzados. La presente carta tiene por objeto instar a los Estados Miembros a que redoblen sus esfuerzos por desarrollar las capacidades necesarias para hacer frente a los desafíos que ello conlleva.

En respuesta a la amenaza del cambio climático, muchos países están prometiendo avanzar hacia una reducción radical de las emisiones de carbono para 2050 o antes. Para ello será necesaria una revolución en la generación de energía, y la transición ha de empezar muchos años antes del plazo fijado. Habida cuenta de que las centrales nucleares (CN) son inversiones a largo plazo cuya planificación, construcción e incorporación a la red lleva muchos años, no hay tiempo que perder a la hora de prepararse para ese mundo novedoso.

En el planeta hay unos 440 reactores nucleares en funcionamiento que suministran alrededor del 10 % de la energía eléctrica total y representan cerca del 30 % de la generación de electricidad sin emisiones de carbono. La mayoría de estos dispositivos son reactores de agua ligera (LWR), es decir, reactores que utilizan agua ordinaria como moderador y refrigerante. Aunque no cabe duda de que en los próximos años se seguirán utilizando LWR existentes y nuevos, ha resurgido el interés en los diseños de reactores innovadores y avanzados. Entre estos reactores, algunos utilizan diferentes refrigerantes (gas, metal líquido o sales fundidas) y diferentes moderadores y, en muchos casos, aplican métodos simplificados, pasivos o innovadores de otro tipo para cumplir sus funciones de seguridad esenciales. Algunos utilizan un espectro de neutrones rápidos (los LWR tienen un espectro de neutrones térmicos). Algunos utilizan combustible más enriquecido y de una forma física y química distinta de la del combustible que utilizan los LWR. Algunos prometen operar a temperaturas más elevadas, lo que mejora la eficiencia termodinámica y permite aplicaciones de calor industrial más amplias. A diferencia de algunos LWR actuales en los que los elementos relacionados con la seguridad física se añadieron a las centrales a modo

Director General Grossi  
OIEA

de complemento, estas centrales previstas permiten mejorar la seguridad física incorporando a su diseño básico características de seguridad física.

Además, en los diseños propuestos se aprovechan más los avances en la ingeniería, los materiales, la tecnología informática y la instrumentación y el control digitales modernos que en las centrales existentes.

Mientras que las centrales nucleares de LWR de reciente construcción suelen tener una potencia aproximada de 1 GW(e) por unidad, se proponen reactores avanzados de diversos tamaños. Muchos de los diseños tienen una potencia de salida de 50 MW(e) a 300 MW(e) aproximadamente —estos son los llamados “reactores modulares pequeños” (SMR)— y una central nuclear completa podría incorporar varios módulos de ese tipo con una sala de control común. Algunos proveedores también están promoviendo “microrreactores” —diseños de reactores con una producción eléctrica de 1 MW(e) a 20 MW(e)— que podrían generar electricidad de manera fiable en lugares remotos o en circunstancias de emergencia.

Los proveedores que promueven los reactores avanzados afirman que estos presentan una serie de ventajas. Confían en que los nuevos diseños ofrecerán una producción eléctrica a un menor costo por kW·h, lo que mejoraría la competitividad de la energía nuclear frente a otras opciones. En efecto, es probable que la mejora de los aspectos económicos sea fundamental para que la energía nucleoelectrica pueda adquirir mayor relevancia en la respuesta al cambio climático. Se cree que los costos pueden reducirse gracias a la producción en serie en fábricas (que reduciría al mínimo la costosa construcción en el emplazamiento), la construcción y la normalización modulares, técnicas de construcción avanzadas y diseños simplificados. Además, dado que muchos de los reactores generan una cantidad de electricidad mucho menor, puede que la inversión total de capital resulte más manejable a algunos propietarios. Su menor tamaño también podría ser especialmente atractivo para los países con redes eléctricas regionales pequeñas. (Por regla general, ninguna central eléctrica debería representar más del 10 % de la capacidad de la red para que sea posible ponerla en régimen de parada a fin de recargar combustible o por razones de seguridad sin que ello suponga una grave perturbación para la disponibilidad de electricidad).

Muchos de los países que están pasando a la generación de electricidad sin emisiones de carbono tienen previsto emplear energías renovables con el respaldo de la energía nucleoelectrica, el almacenamiento de energía y, posiblemente, combustibles fósiles con captura y almacenamiento de carbono. Los reactores avanzados podrían resultar atractivos en este nuevo contexto, especialmente si se logran unos costos competitivos por kW·h. Algunos de los diseños avanzados permiten una mayor capacidad de seguimiento de carga, lo cual es útil para responder al carácter intermitente de las energías renovables. Además, en un momento en el que abunda la electricidad generada a partir de energías renovables, las centrales nucleares podrían destinarse a la producción de hidrógeno (para su uso como combustible sintético o como medio para el almacenamiento de energía), la desalación, la calefacción urbana o aplicaciones de procesos industriales. El hecho de que algunos reactores avanzados puedan funcionar a temperaturas más elevadas podría ampliar las oportunidades de aprovechar esta versatilidad.

El OIEA realiza muchas actividades dirigidas a abordar las distintas dificultades que plantearán los reactores avanzados, pero es necesario que la comunidad nuclear (reguladores, explotadores, proveedores, contratistas, proveedores de equipos, organizaciones de apoyo técnico, organizaciones de normalización y arquitectos e ingenieros) plante cara al desafío que tiene ante sí. Habida cuenta de que los SMR pueden resultar especialmente atractivos para los países en fase de incorporación en el ámbito nuclear, es posible que estos se enfrenten a retos de carácter excepcional por ser la primera ola de países que aplican estas tecnologías de reactores avanzados.

Entre estos desafíos figuran los siguientes:

Seguridad tecnológica: Todos los diseños avanzados prometen importantes ventajas de seguridad tecnológica frente a los diseños existentes. Muchos de ellos tienen núcleos con un menor contenido en radionucleidos (y, por consiguiente, un menor término fuente a tener en cuenta en caso de accidente), y algunos contemplan el uso de combustibles avanzados que pueden soportar temperaturas mucho más elevadas antes del fallo que el combustible utilizado actualmente en los LWR. A diferencia de los LWR, en los que las altas presiones necesarias para su funcionamiento entrañan un riesgo de emisión de restos y radionucleidos en caso de accidente, algunos diseños nuevos operan casi a presión atmosférica, lo que reduce la necesidad de usar tuberías, vasijas de presión y estructuras de contención sólidas. En lugar de bombas, válvulas automáticas y corriente alterna, muchos de los diseños avanzados cuentan con sistemas pasivos —es decir, sistemas basados en la gravedad, la convección natural o gradientes de presión— para cumplir los objetivos de seguridad tecnológica. Se prevé que los reactores avanzados dependan menos de medidas operacionales y de la intervención humana para garantizar la seguridad tecnológica en comparación con los reactores existentes, lo que permitirá relajar la actual estrategia de reglamentación, basada en disposiciones de seguridad superpuestas para compensar los fallos humanos. Si se demuestra su eficacia, estos cambios podrían llegar a ofrecer importantes ventajas de seguridad tecnológica y permitirían simplificar los reactores reduciendo los costos. No obstante, será necesario realizar análisis en profundidad respaldados por datos experimentales y códigos e instrumentos de simulación validados para determinar la eficacia de dichos sistemas en las diversas circunstancias en que se recurre a ellos.

Los reactores avanzados también podrían presentar nuevos desafíos relacionados con la seguridad tecnológica. Por ejemplo, en el caso de los diseños que dependen de módulos múltiples para producir la electricidad total requerida, habrá que examinar detenidamente las posibles interacciones entre los módulos en caso de transitorios y accidentes. Con respecto a los reactores rápidos refrigerados por sodio, será necesario estudiar los efectos de las reacciones químicas entre el sodio y el agua y el sodio y el aire, así como la manera de protegerse frente a ellos. En el caso de los reactores de sales fundidas, habrá que estudiar detenidamente las cuestiones relacionadas con la corrosión y la posible congelación de las sales fundidas en las tuberías. Efectivamente, los diseños innovadores podrían tener modos de fallo y secuencias de accidente novedosos y, por lo tanto, difíciles de detectar. Los reguladores han de estar preparados para asumir el importante desafío que supone analizar la justificación de la seguridad en el caso de un reactor avanzado y adaptar sus requisitos de reglamentación, centrados actualmente en los LWR, a estas tecnologías distintas. Será importante mantener al mismo tiempo una defensa en profundidad adecuada y garantizar un equilibrio entre la prevención y la mitigación de accidentes.

Seguridad física: Como ya se ha indicado, en el diseño de la mayoría de los reactores existentes no se tuvieron en cuenta las cuestiones de seguridad física como aspecto primordial, sino que la seguridad física se fue fortaleciendo notablemente durante la explotación como consecuencia del aumento de la amenaza terrorista. Al diseñar una nueva central existe la oportunidad, y también la necesidad, de incorporar consideraciones de seguridad física. En muchos de los diseños modernos, el núcleo se encuentra bajo el nivel del terreno, lo que permite mejorar la capacidad para resistir a sabotajes, por ejemplo, en caso de ataque con aeronaves. Ciertos elementos, como sistemas de seguridad pasiva, núcleos más pequeños, combustible a prueba de accidentes y una mayor automatización (que reduce los riesgos de amenaza interna), prometen mejorar la seguridad física. Asimismo, si se tiene en cuenta la seguridad física al diseñar la configuración de la central se puede reducir la vulnerabilidad de las zonas esenciales. La idea fundamental es que, al evaluar un nuevo diseño, es necesario tener en cuenta al mismo tiempo la seguridad tecnológica y la seguridad física para garantizar la adecuación a ambos objetivos. En un informe que saldrá a la luz próximamente, elaborado conjuntamente por el INSAG y el AdSec (Grupo Asesor sobre Seguridad Física Nuclear), se destacará la importancia de aumentar

la coordinación entre la seguridad tecnológica y la seguridad física. Véase también la publicación del INSAG *The Interface Between Safety and Security at Nuclear Power Plants* (2010) (INSAG-24).

Salvaguardias: Muchos de los reactores avanzados están diseñados para utilizar combustible que contiene hasta el 20 % en U 235, cantidad muy superior al enriquecimiento típico en la actualidad, que ronda el 5 %. Este cambio en el porcentaje de enriquecimiento exige requisitos más estrictos de seguridad física y salvaguardias. Es más importante señalar que en algunos de los diseños de reactores avanzados es necesario reprocesar el combustible gastado hasta que alcance una forma química estable que permita su almacenamiento y disposición final o para su reciclaje en el reactor. Este procesamiento exigirá la vigilancia mediante salvaguardias para garantizar que el contenido utilizable para fabricar armas no se desvíe hacia esos fines. Una vez más, las salvaguardias deberían considerarse como aspecto del diseño, junto con la seguridad tecnológica y la seguridad física.

Combustible: Muchos de los reactores avanzados contemplan el uso de formas innovadoras de combustible o incluso, en el caso de algunos reactores de sales fundidas, de combustible que se disuelve en el refrigerante de sales fundidas. Todos los combustibles tienen que demostrar un determinado nivel de tolerancia a accidentes y cumplir al mismo tiempo distintas normas de desempeño, como la retención de los productos de fisión y la compatibilidad entre el plaqueado y el refrigerante. Asimismo, para algunos reactores avanzados se contempla el uso de combustible reprocesado o incluso ciclos del combustible basados en el torio. Los datos de que se dispone en relación con el desempeño de los nuevos tipos de combustible tal vez sean limitados, pero dichos datos son necesarios para respaldar la justificación de la seguridad.

Planificación para casos de emergencia/selección de un emplazamiento: Las centrales nucleares de LWR existentes están situadas normalmente en lugares remotos para proteger al público de la exposición a los radionucleidos en caso de accidente. Los proveedores de algunos reactores avanzados consideran que sus diseños pueden justificar la relajación de los requisitos aplicables a la selección del emplazamiento. Sostienen que el grado de seguridad de sus diseños o la insignificancia de las consecuencias de un accidente pueden justificar la modificación del actual enfoque aplicado a la selección del emplazamiento. En efecto, relajar esos requisitos es absolutamente imprescindible si se quieren hacer realidad los usos propuestos de los reactores. Por ejemplo, algunos proveedores prevén que sus diseños se utilicen para producir calor industrial de alta temperatura para aplicaciones industriales, para lo cual es necesario que el reactor esté situado cerca de la instalación en la que se utiliza el calor industrial (p. ej., una planta química). Hay que demostrar que, en caso de suceso o accidente en la instalación adyacente, la seguridad del reactor no correrá peligro. Algunos proveedores de SMR sostienen también que sus diseños podrían utilizarse como reemplazos en centrales a base de combustibles fósiles que tengan un tamaño semejante, con lo que se aprovecharían las instalaciones de transmisión existentes y el agua refrigerante cercana. Muchas centrales a base de combustibles fósiles se encuentran en zonas urbanas o cerca de ellas. Será necesario realizar un examen exhaustivo y temprano de las cuestiones relativas a la selección de un emplazamiento y la respuesta a emergencias teniendo en cuenta las características prometidas de seguridad tecnológica de los reactores avanzados a fin de definir las diversas oportunidades económicas que estarán disponibles en el futuro para este tipo de reactores.

Comercio internacional: Muchos de los proveedores depositan sus esperanzas en las ventas internacionales. Ciertamente, dadas las eficiencias que previsiblemente traerá aparejadas la producción en serie, es posible que una cantidad importante de ventas en el extranjero sea una pieza clave de sus planes de negocio. Se prevé, por ejemplo, que los SMR sean especialmente atractivos para los países en desarrollo, puesto que su costo total debería ser más razonable que el de los reactores LWR con potencias del orden de GW(e) y su producción eléctrica podría adaptarse mejor a redes de menor tamaño, además de las ventajas de seguridad tecnológica prometidas, una construcción más rápida y menores costos operacionales. Con todo, existe el riesgo de que haya que realizar adaptaciones o modificaciones para

satisfacer los requisitos de concesión de licencias en cada país en que se venda una central. Evidentemente, ello podría incrementar el costo y disminuir las perspectivas de despliegue internacional.

Si bien el OIEA y la AEN están llevando a cabo importantes iniciativas dirigidas a armonizar los requisitos aplicables a la concesión de licencias, puede que sea fundamental seguir prestando atención a esta cuestión para materializar la promesa que encierran los reactores avanzados. Asimismo, debería ser estrecha la relación entre el país proveedor y el país receptor en lo que respecta a los aspectos técnicos y de reglamentación. Véase la publicación del INSAG *Licensing the First Nuclear Power Plant* (2012) (INSAG-26).

Desechos: Muchos de los reactores avanzados prometen ciclos del combustible ampliados y una menor generación de combustible gastado que los LWR existentes. Sin embargo, como se señaló en una reciente carta anual, los avances en la disposición final de combustible gastado han sido extremadamente lentos, y la mayoría de los países que disponen de energía nuclear en la actualidad no cuentan con una vía de disposición final. Véase el documento del INSAG Carta anual de evaluación, 2019. El problema de la disposición final no hará sino empeorar a medida que haya más reactores en más lugares. No atajando el problema quedan mermadas las posibilidades de utilizar la energía nucleoelectrica en un momento en que es muy necesaria, ya que las personas preocupadas por el uso de este tipo de energía pueden, con razón, apuntar a la situación de los desechos como motivo para rechazarla. Tarde o temprano ha de hacerse frente a la acumulación de combustible gastado (y los desechos de actividad alta), y no cabe justificar las demoras.

Materiales: Algunos de los reactores avanzados pueden presentar problemas en relación con los materiales debido al medio químico agresivo, las elevadas temperaturas o el bombardeo de neutrones rápidos que soportan las estructuras. Se tiene la oportunidad de utilizar nuevos materiales —nuevas vainas, nuevas aleaciones, etc.— que permitan superar estos desafíos. Aun así, los nuevos materiales han de someterse a ensayos que garanticen su comportamiento. Es necesario proceder con rapidez y aportar los datos de los ensayos necesarios que permitan utilizar estos materiales.

Instrumentación y control digitales: Muchos de los diseños de reactores avanzados incorporan un alto grado de automatización a fin de mejorar la seguridad utilizando tecnología para reducir las demandas a las que están sujetos los explotadores y las posibilidades de error humano, así como la dotación de personal de las salas de control. Es necesario encarar las cuestiones de reglamentación asociadas a la garantía de fiabilidad de dichos sistemas, así como las cuestiones técnicas relativas a los nuevos refrigerantes, combustibles y sistemas de seguridad. Además, al tiempo que se depende más de los sistemas digitales y la inteligencia artificial recientes sucesos han puesto de relieve la importancia de intensificar la ciberseguridad.

Aceptación pública: En muchos países el público es reacio a aceptar la utilización de la energía nucleoelectrica por miedo a la tecnología. Es necesario reconocer y afrontar esta realidad para hacer posible el papel que corresponde a este tipo de energía. La industria nuclear tiene la obligación de debatir abiertamente y de forma fácil de entender las cuestiones relacionadas con la seguridad tecnológica nuclear y de responder a las preguntas y recelos legítimos. Para ganarse la confianza del público es necesario reconocer de forma franca y transparente la problemática asociada a la energía nucleoelectrica y hacer una evaluación equilibrada de sus costos y beneficios.

En resumen, para que los reactores avanzados puedan llegar a desempeñar una importante función en la respuesta al cambio climático es necesario superar muchos y complejos desafíos. El OIEA está haciendo lo que le corresponde. Dada la diversidad que, desde un punto de vista tecnológico, presentan los diseños de los reactores avanzados innovadores, el OIEA se ocupa de la definición de un marco tecnológicamente neutro para la seguridad tecnológica, la seguridad física y las salvaguardias que ayude a elaborar normas de seguridad armonizadas. Con todo, como se ha señalado en la presente carta, todos

los integrantes de la comunidad nuclear tienen mucho trabajo por delante, y cualquier retraso en la tarea de responder a los desafíos limitará las oportunidades de la tecnología nuclear de contribuir de forma puntual a frenar la amenaza del cambio climático.

El INSAG, que seguirá de cerca las numerosas actividades que giran en torno a las perspectivas de los reactores avanzados, se propone ofrecer asesoramiento cada cierto tiempo, cuando las circunstancias lo exijan. Entretanto, no dude en ponerse en contacto conmigo si el INSAG puede ofrecer asistencia en esta u otras cuestiones.

Saludos cordiales.

Muy atentamente,

[Firmado]

Richard A. Meserve

cc.: DDG Lydie Evrard  
Miembros del INSAG