

## Chernobyl v.s. TMI-2: buscando la causa raíz

JUAN MANUEL BLANCO ROJAS

JJ.NN. 27 DE ABRIL DE 2010

En primer lugar, quiero agradecer a los Jóvenes Nucleares (JJ.NN.) y, en especial, a su presidente, Miguel Angel Millán, a Elena de la Fuente y a Luis Yagüe, la amabilidad que han tenido al permitirme dar esta conferencia, dentro del ciclo de actividades que están realizando sobre el accidente de Chernobyl. Gracias por su confianza y espero no defraudarles.

En segundo lugar, me tengo que presentar, porque, aunque muchos de ustedes me conocen, no sucede así con los JJ.NN.; lo cual no es extraño, porque llevo más de diez años que no estoy en activo, sino prejubilado, como consecuencia de un ERE.

Han escuchado ustedes una breve reseña de mi biografía personal, pero creo que es necesario que la amplíe.

Para empezar, tengo que decir que a mí no me ficharon para Almaraz, sino para la central nuclear de Polán que estaba ubicada en el río Tajo, aguas abajo de Toledo, en el embalse de Castrejón. Sin embargo un día, que estaba haciendo el curso de “Ingeniería Nuclear” en la antigua JEN, me acerqué por el despacho de mi director, don Francisco Bosch Cháfer (q.e.p.d) y éste me dijo que habíamos cambiado de emplazamiento, porque, como consecuencia del inminente trasvase Tajo-Segura, se temía que no hubiese suficiente agua de refrigeración en Toledo y se había buscado un emplazamiento alternativo en la provincia de Cáceres, en el embalse de Arrocampo, cerca del pueblo de Almaraz, utilizando una solución similar a la de Polán, mediante un embalse de refrigeración. Hay que destacar que ésta fue una decisión acertada, lo cual pocas veces se subraya, y que el mérito de la decisión hay que atribuírselo a Hidroeléctrica Española, S.A. (HE) y, en particular a don Manuel Castillo, ingeniero de Caminos, que seleccionó el emplazamiento, dado que, como profundo conocedor de la cuenca del Tajo, por haber sido el ingeniero jefe de las presas de HE, se conocía a la perfección la cuenca del Tajo.

Así pues, comenzamos la central nuclear de Almaraz disponiendo solamente de un plano: el de la ubicación de la central en el embalse de Arrocampo. Como era habitual, encargamos los estudios geológicos a don Clemente Sáenz y los meteorológicos a don Manuel Castañs Camargo. Con todos los informes pertinentes, solicitamos la Autorización Previa, preliminar o de emplazamiento al Ministerio de Industria. La solicitud inicialmente se hizo para dos unidades de 500 MWe cada una y, de hecho, cuando después se decidió construir dos unidades de 900 MWe, tuvimos que pedir una ampliación para la segunda unidad.

De nuevo, quiero subrayar lo acertado de esta decisión, acierto que hay que atribuírselo a las empresas eléctricas propietarias: Compañía Sevillana de Electricidad, S.A.; Hidroeléctrica Española, S.A. y Unión Eléctrica S.A. Si se hubiesen construido dos unidades de 500 MWe, hoy tendríamos la mitad de potencia, nos habrían costado prácticamente igual y los retrasos durante la construcción hubieran sido los mismos.

También hay que decir que en aquella época hubo presiones por parte del Sercobe, que reunía a los fabricantes de bienes de equipo, bajo la dirección de don Enrique Kaibel y que constituía un auténtico lobby, que era escuchado con atención por parte del Ministerio de Industria, porque argumentaba que sólo se debían construir unidades de 500 MWe, porque era la dimensión máxima de la fábrica de turbinas de la Empresa Nacional Bazán.

Desde el primer momento fui responsable del licenciamiento y del combustible nuclear, por lo que tuvo que tratar con la Junta de Energía Nuclear, organismo dependiente en aquel entonces del Ministerio de Industria. De esta forma fui el encargado de obtener todos los permisos: Autorización Preliminar o de emplazamiento, Autorización de Construcción, permiso de recepción del combustible nuclear, permiso de pruebas preoperacionales, Permiso de Explotación Provisional (PEP), que incluía las pruebas nucleares o de arranque. También me encargué de la obtención de la Concesión de Aguas, por lo que tuvo que tratar con la Dirección General de Obras Hidráulicas, dependiente del Ministerio de Obras Públicas.

Una vez que la central nuclear estaba en marcha, y pasado un cierto tiempo prudencial, o de rodaje, solicitamos el Permiso de Explotación Definitivo (PED), tal y como estaba establecido en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RINR). No obstante, aunque el Cuerpo Técnico evaluó la documentación presentada, el Consejo optó finalmente por conceder prórrogas al PEP, en vez de conceder el PED, tal y como estaba establecido en el RINR.

En el caso de la central nuclear de Valdecaballeros participé en la selección del emplazamiento, en la cuenca del Guadiana, dentro del área que nos definió la Compañía Sevillana de Electricidad S.A., una vez que decidió abandonar el proyecto de la central nuclear de Tarifa. En este caso, como responsable del licenciamiento, me correspondió obtener la Autorización Preliminar y la de Construcción, que son los dos únicos permisos concedidos a la C.N. de Valdecaballeros, ya que se paró su construcción, como consecuencia del parón nuclear decretado por el gobierno socialista del señor González.

Yo les voy hablar del accidente de Chernobyl desde mi punto de vista, que es el de un profesional que ha estado trabajando durante 32 años en centrales nucleares, 20 de los cuales han sido con la central nuclear de Almaraz en explotación.

Hasta ahora, a excepción de Eduardo Sollet, los JJ.NN. han oído hablar de Chernobyl a expertos que conocen las centrales nucleares desde la cátedra, desde el despacho, desde el laboratorio; es decir, desde fuera. Yo conozco las centrales nucleares desde dentro. Son, por tanto, dos perspectivas diferentes: desde fuera y desde dentro. Lo cual no quiere decir que sean puntos de vistas contradictorios, sino diferentes y complementarios.

Ahora, a modo de preámbulo, tengo que decir que en 1987, hace veintidós años por estas fechas, la central nuclear de Almaraz tuvo que someterse a una misión OSART (Operational Safety Assesment Review Team), la primera que se realizaba a una central española. El OSART es una evaluación de la seguridad nuclear de la instalación, efectuada en todos los ámbitos de la explotación, por técnicos de alto nivel, venidos de distintos países del mundo. Yo tuve que atender dos grupos de trabajo: el dedicado a planes de emergencia y el que revisaba la seguridad nuclear y el licenciamiento. El grupo de planes de emergencia estaba dirigido por un canadiense, Mr. Tucker, y a él asistió como observador el máximo responsable de la URSS en ese momento para la recuperación de Chernobyl 4, tras el accidente ocurrido el 26 de abril de 1986, que iba

acompañado de su correspondiente intérprete. Durante las tres semanas que duró la misión, la convivencia fue muy estrecha: una auténtica evaluación por inmersión. Normalmente las sesiones de trabajo se realizaban en una sala de reuniones; pero de cuando en cuando se efectuaban visitas a la instalación. En una de estas visitas, revisamos la Sala de Control y aledaños. Me quedé estupefacto cuando, al revisar el banco de filtros del sistema de ventilación de la sala de control, los socialistas soviéticos me dijeron que ellos no los tenían y se asombraban de sus dimensiones. Es decir, que carecían de un sistema que es necesario para proteger a los operadores en caso de un accidente nuclear. Cuando me dijeron esto, inmediatamente me hice la siguiente composición de lugar: La URSS – porque era en 1987, antes de la caída del muro de Berlín – es un sistema político económico ineficaz que, para poder aparecer ante el mundo como Gran Potencia y competir con EE.UU. en la carrera de armamentos, se veía obligado a hacer recortes en otras áreas, entre ellas la seguridad de sus centrales nucleares y, por consiguiente, de la población en general.

En las centrales nucleares occidentales el operador está totalmente protegido de un accidente nuclear en la Sala de Control. La razón de ello es que es una medida necesaria, no sólo para proteger al operador en sí, sino al público en general. El operador tiene que trabajar de forma segura en la Sala de Control para evitar que un accidente degenera en otro de mayores dimensiones. Por esta razón, la Sala de Control está blindada y dispone de un sistema de ventilación controlado, que se considera una salvaguardia tecnológica; es decir, es redundante y está alimentado eléctricamente desde barras de emergencia. El sistema de ventilación consta de prefiltros, filtros HEPA o de alta eficiencia (*High Efficiency Particulate Filter*) y filtros de carbón activo, que son los que retienen el yodo radiactivo, si lo hubiera. Además, la Sala de Control está dotada de iluminación de emergencia, comunicaciones redundantes y de víveres almacenados en un congelador, por si hubiera que permanecer 30 días en la Sala de Control. Todos estos son los requisitos de habitabilidad de la Sala de Control (“*Control Room Habitability*”).

Como parte del licenciamiento de la central es necesario presentar al Organismo Regulador un estudio con las dosis que recibirían los operadores en caso de accidente. Para realizar este cálculo hay que partir del término fuente, que sería la actividad escapada de la contención, como consecuencia del accidente base de diseño (LOCA). Para calcular este dato es clave la eficacia del sistema de aspersión y la tasa de fugas de la contención. Una vez que se dispone del término fuente, hay que trasladarlo hasta la entrada del banco de filtros de la ventilación de la Sala de Control. Para ello se utiliza el coeficiente de difusión atmosférica ( $X/Q$ ), que es un valor difícil de determinar, ya que no es el coeficiente de difusión atmosférica en campo abierto, sino el coeficiente de difusión entre edificios, afectado por el efecto estela de la contención. Como el sistema de ventilación es redundante, se puede tomar una toma u otra y se elige la que está más alejada del edificio de contención afectado, lo que da un margen de 100 ó 200 m, no mucho más, teniendo en cuenta las dimensiones de los edificios. Una vez que la radiación está dentro del banco de filtros, hay que tener en cuenta su eficiencia. Si se utiliza carbón activo del 95% de eficiencia, quiere decir que sólo deja pasar a la Sala de Control el 5 % de lo que entra. Para utilizar una eficiencia del 98 %, que deje pasar el 2%, se precisa que los filtros de carbón activo hayan pasado satisfactoriamente una prueba de eficiencia realizada de acuerdo con la normativa ASTM aplicable. Una vez que la radiación está dentro de la Sala de Control, se calcula la dosis a los operadores, utilizando la tasa de respiración en actividad (no en reposo) que figura en el ICRP – 32.

La central de Chernobyl carecía de todos estos requisitos de seguridad, por lo que los operadores que estuvieron en la Sala de Control murieron por efecto de las radiaciones, a los pocos días del accidente.

Unos de años después, la central nuclear de Almaraz se hermanó con la central ucraniana de Rovno, de tal forma que un equipo de técnicos ucranianos visitó nuestra central y los nuestros devolvieron la visita viajando a la suya. Yo no participé de esos intercambios. Pero los que fueron, vinieron asombrados porque estaban organizados de tal forma que todos los que trabajaban en la central – los operadores y los encargados de su mantenimiento – vivían en una ciudad creada ex profesamente para ello y **el jefe de central era el alcalde de la misma**. ¿Se puede imaginar alguien semejante aberración? Una central nuclear es una instalación sumamente compleja que exige que sus operadores, y el jefe en particular, nunca quiten su atención de la instalación en sí. ¿Qué pasa si el jefe de central, además de atender a la explotación, tiene que atender a los mil y un problemas que se presentan a diario en una población de varios miles de habitantes?

En la presentación del profesor Alonso pudimos ver las imágenes de la ciudad de Pripyat de 50.000 habitantes, que se había construido para dar servicios a la central nuclear de Chernobyl. Yo no recuerdo que mis compañeros hablaran de una población tan grande, tal vez porque la central con la que nos habíamos hermanado tenía un menor número de unidades, menos que las 6 de Chernobyl; pero, en cualquier caso, era una población de varios miles de habitantes.

## **AUTOSUFICIENCIA**

Pero ése no es solo el problema. Como la URSS no tenía un sistema de libre mercado, en el que puedes acudir a las empresas especialistas del mundo entero para realizar una operación complicada, como es una recarga, había concentrado en una ciudad a todos los técnicos que precisaba para su explotación, que vivían allí hacinados por y para la central nuclear. Es decir, la instalación era en sí misma **autosuficiente**.

La clave de la seguridad de nuestras centrales nucleares no reside sólo en sus sistemas de seguridad, ni en su personal de explotación, sino que radica en que está integrada en un sistema de libre mercado; de tal forma que, en caso de una anomalía o de emergencia, puede recibir la ayuda técnica de los mejores especialistas del mundo, empezando por el suministrador principal – Westinghouse, en nuestro caso – pero haciéndola extensiva, si se considera oportuno, – a todas las grandes empresas nucleares del mundo occidental: Siemens, la antigua Framatome, General Electric, Babcock Wilcox, Alstom, y un largo etcétera. Como acudimos a los mejores expertos del mundo, tenemos que pagar facturas muy altas, propias de los mejores. Es como si, en caso de necesidad, contratáramos los servicios de Beckham, Zidane, o Cristiano Ronaldo. Son los mejores jugadores de fútbol y, por lo tanto, cobran como tales.

Volviendo sobre el accidente que nos ocupa. La central de Chernobyl era un sistema cerrado en sí mismo, **autosuficiente, que se tenía que bastar a sí mismo, incluso en caso de accidente**.

La clave está, pues, en la prueba que estaban haciendo en el momento del accidente, algo de lo que se hablo poco y que yo voy ahora a tratar continuación. Para ello, basta entrar en la explicación que del accidente de Chernobyl aparece en Wikipedia y que reproduzco aquí:

*“En agosto de [1986](#), en un informe enviado a la [Agencia Internacional de Energía Atómica](#), se explicaban las causas del accidente en la planta de Chernóbil. Éste reveló que el equipo que operaba en la central el sábado [26 de abril de 1986](#) se propuso **realizar una prueba con la intención de aumentar la seguridad del reactor**. Para ello deberían averiguar durante cuánto tiempo continuaría generando energía eléctrica la turbina de vapor una vez cortada la afluencia de vapor. Las bombas refrigerantes de emergencia, en caso de avería, requerían de un mínimo de potencia para ponerse en marcha (hasta que se arrancaran los generadores diésel) y los técnicos de la planta desconocían si, una vez cortada la afluencia de vapor, la inercia de la turbina podría mantener las bombas funcionando”.*

He subrayado en negrita la intención de la prueba, porque es una falsedad más de las muchas que los expertos soviéticos dijeron a la OIEA, ya que no se trataba de mejorar la seguridad de la instalación, sino de subsanar una deficiencia de diseño de la que eran plenamente conscientes.

Pero uno se pregunta: ¿y por qué tuvieron que realizar esa prueba? La respuesta está en que sus generadores diesel de emergencia eran muy lentos en tomar carga después de un accidente y quisieron comprobar si, con sus propios sistemas – con la energía remanente de la turbina, una vez disparada – podían mover las bombas de emergencia.

Los datos precisos de los generadores de emergencia no figuran en la versión española que Wikipedia hace del accidente, hay que acudir a la versión inglesa, que reproduzco a continuación:

*“During the daytime of 25 April 1986, reactor 4 was scheduled to be shut down for maintenance as it was near the end of its first [fuel cycle](#). An experiment was proposed to test a safety [emergency core cooling](#) feature during the shut down procedure.*

*A very large amount of cooling water is needed to maintain a safe temperature in the reactor core. The reactor consisted of about 1,600 individual fuel channels and each operational channel required a flow of 28 tons of water per hour. There was concern that in case of an [external power failure](#) the Chernobyl power station would overload, leading to an [automated safety shut down](#) in which case there would be no external power to run the plant’s cooling water pumps. **Chernobyl’s reactors had three backup [diesel](#) generators. The [generator](#) required 15 seconds to start up but took 60–75 seconds to attain full speed and reach its capacity of 5.5 MW required to run one main cooling water pump.”***

Y uno se pregunta: ¿por qué no, en vez de hacer la prueba, compraron unos generadores diesel más rápidos, capaces de arrancar y tomar carga en menos tiempo (35 segundos, por ejemplo)? La respuesta a esta pregunta es que la URSS era una sociedad cerrada, que **estaba obligada a bastarse a sí misma**. Es decir, nos topamos de lleno con la palabra **AUTOSUFICIENCIA**, que es la palabra clave que se necesita para entender el accidente de Chernobyl. Los técnicos nucleares soviéticos, por la ineficiencia de su propio sistema político – económico, se vieron impelidos a hacer una prueba para comprobar si la unidad podía bastarse a sí misma. La prueba era una aberración, que la hubieran podido eludir, en el caso de formar parte de un sistema de libre mercado.

Zhores Medvedev en su libro<sup>1</sup> afirma que una de las principales razones por las que se eligió el modelo RBMK-1000 fue que era un reactor que se podía fabricar íntegramente por la industria de la URSS, a pesar de que entre los ingenieros, científicos y académicos se alzaban algunas voces discrepantes que cuestionaban su eficiencia energética, su economía e incluso su seguridad, como se verá más adelante. De nuevo, observamos que la palabra clave es AUTOSUFICIENCIA.

La industria nuclear soviética, en aquel entonces, tenía dificultad en fabricar las grandes vasijas de presión de acero con revestimiento de acero inoxidable que requieren los reactores de agua ligera (PWR y BWR)<sup>2</sup>, que terminaron por imponerse en Occidente. Por esta razón, optaron por los reactores tipo RBMK-1000, cuyo núcleo está formado por 1600 canales de combustible, fabricados con tubos de agua a presión. Precisamente, el U.S. DOE<sup>3</sup> considera que éste es uno de sus puntos débiles, ya que requiere miles de soldaduras de zirconio/acero inoxidable. La central estaba diseñada para hacer frente al fallo simultáneo de dos canales de combustible, solamente.

Posteriormente, la URSS desarrolló la tecnología para fabricar las vasijas de presión y los generadores de vapor que precisan las centrales nucleares de agua a presión (VVER<sup>4</sup>, en la denominación rusa). Estas centrales se exportaron, principalmente, a los países satélites europeos de la URSS, incluyendo Finlandia. Con este fin se construyó una gran fábrica de equipo pesado, denominada *Atomash*<sup>5</sup> cerca de Rostov, donde se fabricarían las vasijas a presión y los generadores de vapor. Sin embargo, la fábrica sufrió un gran percance, porque se derrumbaron sus muros, como consecuencia de una cimentación inadecuada para un terreno de aluvión, ya que no se habían hecho los estudios geotécnicos que son habituales en Occidente<sup>6</sup>.

## LAS INCÓGNITAS DE LA PRUEBA

Aunque en principio, el objetivo de la prueba parece claro, su desarrollo está lleno de incógnitas, por que no disponemos del procedimiento de prueba y el que manejaron los operadores estaba lleno de tachaduras. El objetivo era hacer una prueba “puente”, para cubrir el período de 45 a 55 segundos que tardaban los GD en alcanzar plena carga, con la energía procedente del turboalternador (TG), mientras la turbina se frenaba. En mi opinión, el informe de la OIEA (INSAG-7) tiene un defecto y es que no se cuestiona la prueba, ni la analiza en detalle desde un punto de vista operativo. Los expertos de la OIEA dieron por supuesto que se tenía que hacer la prueba y centraron todos sus esfuerzos en determinar cuándo y por qué se produjo el daño al núcleo, realizando un trabajo muy meritorio, teniendo en cuenta que la información entregada por los socialistas soviéticos era incompleta, defectuosa y engañosa.

---

<sup>11</sup> “*The legacy of Chernobyl*”, Zhores Medvedev, p.230

<sup>2</sup> PWR= Pressurized Water Reactor (reactor de agua a presión); BWR= Boiling Water Reactor (reactor de agua en ebullición).

<sup>3</sup> “*Report of the U.S. DOE’s Team Analyses of the Chernobyl-4 Atomic Energy Station Accident Sequence*”, DOE/NE-0076, U.S. Department of Energy (DOE) Report, 1986.

<sup>4</sup> VVER= Water- Water Power Reactor.

<sup>5</sup> Similar a la fábrica de Equipos Nucleares S.A. (ENSA) en Maliaño (Cantabria). En este caso, por estar ubicada en la bahía de Santander, sobre terrenos de aluvión, se había cimentado sobre pilotes y nunca hubo problemas.

<sup>6</sup> “*The legacy of Chernobyl*”, Zhores Medvedev, p.242

## SILENCIO ABSOLUTO

La primera noticia que Occidente tuvo del accidente de Chernobyl fue el 27 de abril, a través de la central nuclear de Forsmark en Suecia, donde los contadores de radiación detectaron un nivel de radiación anómalo en una serie de trabajadores que entraban a trabajar en la central.

Los socialistas soviéticos permanecían en silencio y durante más de 24 horas habían ocultado la catástrofe que había ocurrido en Chernobyl. Al final, forzados por los hechos, se vieron obligados a sacar un comunicado que ocultaba la envergadura de la catástrofe y que decía así:

*“Ha ocurrido un accidente en la central de energía de Chernobyl y uno de los reactores resultó dañado. Están tomándose medidas para eliminar las consecuencias del accidente. Se está asistiendo a las personas. Se ha designado una comisión del gobierno.*

[Vremya, (Время)], 28 de abril de 1986.

## LOS INFORMES DE LA OIEA

En cumplimiento de los acuerdos internacionales que la URSS tenía suscritos con la OIEA, debería de haber comunicado de inmediato la catástrofe de Chernobyl, transmitiendo toda la información pertinente sobre el accidente; sin embargo no lo hizo y se resistió a dar información puntual y detallada a la OIEA. Hasta 1986 la Unión Soviética nunca había informado a la OIEA de ningún accidente en sus centrales nucleares, aunque los hubo, como documenta Zhores Medvedev en su libro<sup>7</sup>. En esta ocasión, ante las presiones internacionales, en agosto de 1986 una delegación soviética, presidida por el académico Legasov, informó a los expertos de la OIEA de lo que había sucedido en Chernobyl, dando información incompleta, deficiente y sesgada.

Según informaron los expertos soviéticos: *“la causa principal del accidente fue una combinación extremadamente improbable de violaciones de los procedimientos por parte del personal de operación de la central”*.

Inicialmente, los expertos de la OIEA emitieron su informe influidos por los socialistas soviéticos, y atribuyeron el accidente a un fallo de los operadores, agravado por el coeficiente positivo de huecos del reactor, que denotaba una deficiencia de diseño. Así se editó el primer informe oficial de la OIEA (INSAG – 1). Sin embargo, pasaron los años y se produjo la caída del muro de Berlín, por lo que fue posible tener acceso a más documentación. Los expertos de la OIEA, con los nuevos datos, revisaron su posición inicial y llegaron a la conclusión de que el accidente de Chernobyl – 4 se había producido por graves deficiencias de diseño y una falta total de cultura de seguridad, lo que había motivado el error de los operadores. Así se editó en 1992, el INSAG-7<sup>8</sup>, que es una actualización del INSAG – 1 de 1986.

Hay que hacer notar que no es posible acceder desde Internet al INSAG-1, ya que ha sido retirado de la Red; de forma que, si se pretende acceder, se termina siempre en el INSAG – 7. Probablemente esto ha sido debido a que la OIEA, inicialmente, se sintió

---

<sup>7</sup> “The legacy of Chernobyl” Zhores Medvedev, página 66 y el capítulo “A History of Nuclear Accidents in the Soviet Union”.

<sup>8</sup> INSAG-7 “The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1”, a report by the International Safety Advisory Group. Viena, 1992.

engañada por los expertos soviéticos y ha preferido retirar de la circulación el INSAG-1, aunque afirma que algunas de sus conclusiones siguen siendo válidas y otras no.

El INSAG-7 se puede resumir en la siguiente frase: “*La causa más probable del accidente* fue el disparo del reactor en un momento crucial de la prueba, al actuar como un **disparo positivo (“Positive Scram”)**, que agravó el transitorio por el coeficiente positivo de reactividad por huecos, como resultado de procedimientos operativos y prácticas de diseño que denotan una falta total de cultura de seguridad en la URSS”.

Obsérvese que se habla de la causa más probable, porque los expertos de la OIEA, ante los datos incompletos y defectuosos facilitados por los soviéticos, no pueden afirmar a ciencia cierta la forma exacta en que se produjo el daño al núcleo, por lo que consideran que se debe seguir investigando, utilizando incluso modelos matemáticos más precisos.

Dejando aparte el hecho de que el reactor RBMK-1000 carecía de los sistemas de seguridad habituales en Occidente (como la contención y una sala de control a prueba de accidentes, entre otros muchos), las dos deficiencias de diseño más importantes que destacan los expertos de la OIEA son:

A) Coeficiente positivo de reactividad por huecos

El reactor RBMK-1000 es un reactor de fisión, térmico, que usa grafito (1700 Tm) como moderador y agua en ebullición como refrigerante. Como no es un reactor rápido, sino térmico, los neutrones se tienen que moderar para que, de esta forma, con la máxima sección eficaz, se consiga la fisión del U-235. La moderación de los neutrones se realiza fundamentalmente en el moderador de grafito. Los neutrones también se moderan en el agua, pero, cuando ésta entra en ebullición, produce burbujas o huecos, de tal manera que los neutrones que se moderan en el agua son menos; pero, aún así, se siguen moderando en el grafito, por lo que resulta que el reactor RBMK-1000 tiene un coeficiente positivo de reactividad por huecos. Esto no sucede en el reactor de agua en ebullición (BWR), en el que el agua actúa a la vez de moderador y de refrigerante.

Otro efecto que tiende a aumentar el valor del coeficiente positivo de reactividad es que, con el agua en ebullición, disminuye la captura de los neutrones, al haber más huecos y menos moléculas de agua que capturen los neutrones; por lo que aumenta la población de neutrones que se pueden moderar en el grafito.

B) Disparo positivo (“Positive Scram”)

Los reactores tipo RBMK-1000 tienen un diseño muy peculiar. Además del absorbente neutrónico (carburo de boro) tienen en el fondo un desplazador de grafito, para evitar que, en la posición de barras extraídas, entre agua en el espacio vacante, aumentando el valor de la barra. Sin embargo, con esta disposición, cuando se dispara el reactor y caen las barras, el desplazamiento del agua en su parte inferior provoca una inserción positiva de reactividad en la parte inferior del núcleo, tal y como queda puesto de manifiesto en las figuras adjuntas.



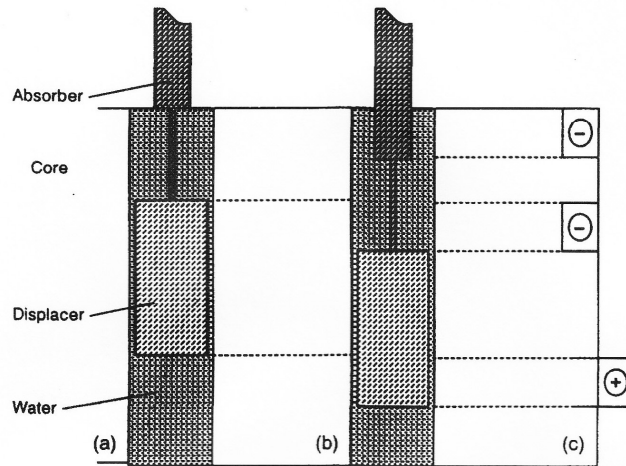


FIG. II-10. The RBMK reactor: schematic representation of the reactivity insertion caused by inserting the RCPS rods from the top position. (a) Manual control rod withdrawn; (b) manual control rod partially inserted; (c) the change in the theoretical reactivity insertion  $\delta k_{\infty}$  as the rod is inserted.

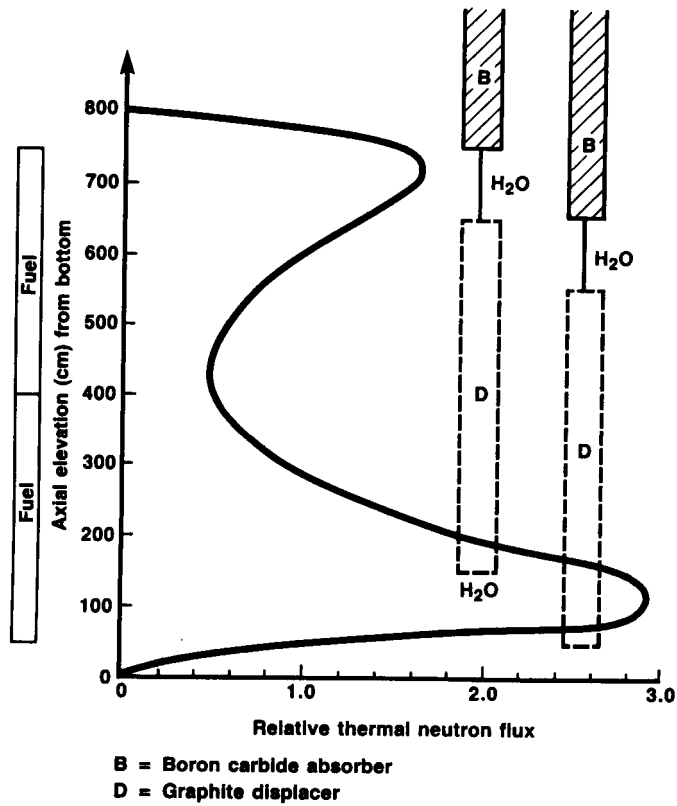


Figure 5 Axial flux distribution preceding accident.

En 1983, en la central de Ignalina, se había producido un disparo positivo (“*Positive Scram*”). Se había establecido el criterio del Margen de Reactividad en Operación (“*Operative Reactivity Margin, (ORM)*”), que consistía **en tener introducidas** un número determinado número de barras de control (entre 28 a 30)<sup>9</sup>. Estas barras debían estar situadas en una posición en que su valor fuese máximo. Este criterio no estaba bien entendido por los operadores, porque éstos creían que estaba dirigido a mantener una adecuada distribución de potencia, cuando en realidad era fundamental para conseguir la parada segura del reactor, al evitar el disparo positivo y mitigar el coeficiente positivo del reactor, no siendo indiferente que se mantuvieran extraídas unas barras de control en lugar de otras. Como subraya el INSAG-7, todo esto se desconocía en Chernobyl-4 y, a lo largo de la prueba, los operadores violaron el ORM.

Finalmente, hay que señalar que en el reactor RBMK-1000 las barras de control se introducen desde arriba y tardan 20 segundos en introducirse totalmente, cuando en un reactor de agua a presión lo hacen en 2 segundos. En un reactor de agua en ebullición, las barras de control se introducen desde el fondo hacia arriba, mediante una impulsión hidráulica. Por lo tanto, las diferencias son muy notables.

Una de las razones por la que los expertos de la OIEA afirman que en la URSS había una falta total de cultura de seguridad, es porque, con anterioridad al accidente de Chernobyl -4, se había producido otros sucesos que denotaban deficiencias de diseño. Los precursores que la OIEA señala se indican en la siguiente tabla.

PRECURSORES		
LENINGRADO - 1	1975	
KURSK	1980	LOOP
IGNALINA	1983	<i>Scram Positivo</i>
CHERNOBYL- 1	1985	Fallo del combustible

En esta tabla se ha incluido el suceso de pérdida total de energía eléctrica exterior (LOOP), ocurrida en la central nuclear de Kursk en 1980 y que fue el motivo por el que se propuso la prueba de Chernobyl<sup>10</sup> y que no está mencionado en el INSAG-7.

La falta de cultura de seguridad que denuncia la OIEA estriba en que, ante estos sucesos, no se tomaron las acciones correctivas pertinentes. Grigori Medvedev en su libro “*The Truth About Chernobyl*” dice que había una **conspiración del silencio**. “*Los errores no se publicaban; nadie los conocía y nadie aprendía de ellos. Durante treinta y cinco años no se comunicaron unos a otros los accidentes en las centrales nucleares y nadie aplicó en su trabajo las enseñanzas recibidas. Era como si no hubieran ocurrido accidentes: todo era seguro y fiable.*”<sup>11</sup>

No obstante, las reformas necesarias estaban en la mente de los especialistas soviéticos, razón por la cual las propusieron rápidamente a la OIEA a raíz del accidente de Chernobyl.

Como se ha dicho, en 1992 la OIEA editó el INSAG- 7 que es una actualización del informe inicial (INSAG-1). Esto fue posible porque, tras la caída del muro de Berlín en

<sup>9</sup> Después del accidente de Chernobyl se elevó este número a 72. “*The Truth About Chernobyl*” de Grigori Medvedev, (p.34)

<sup>10</sup> “*The legacy of Chernobyl*” Zhores Medvedev, página 269 y siguientes.

<sup>11</sup> “*The Truth About Chernobyl*”, Grigori Medvedev, página 39.

1989 y la desaparición de la URSS, hubo una mayor transparencia informativa y los expertos occidentales tuvieron acceso a nueva información sobre el accidente de Chernobyl.

En el nuevo documento se revisan una a una las acciones del operador, con objeto de ver si se ajustaban a los procedimientos vigentes de operación y de la prueba y si estas acciones provocaron o no el accidente, o incluso lo agravaron, llegándose a las siguientes conclusiones:

1. En el procedimiento de prueba no estaba prohibido que se operase por debajo de la potencia de 700 MWt, aunque debería haberlo estado. La caída de potencia, llegando a alcanzar 30 MWt, no fue un error del operador, sino debido a las dificultades inherentes al sistema. El reactor era inestable, teniendo en cuenta sus dimensiones y configuración. El procedimiento de prueba se modificó sobre la marcha. Además, como dice el académico Legasov en sus notas póstumas<sup>12</sup>, el procedimiento de prueba estaba lleno de tachaduras, lo cual obligaba a los operadores a interpretar lo que era válido o no. Todo esto denota una falta absoluta de cultura de seguridad.
2. La prueba se hizo funcionando ocho (8) bombas principales, cuando normalmente el reactor operaba con seis (6), porque había dos de reserva en cada mitad del reactor. Justo antes de comenzar la prueba se arrancaron las ocho (8) bombas; cuatro de ellas se alimentaron desde el exterior y las otras cuatro con el turboalternador-8 que se iba a disparar. Los expertos de la OIEA consideran esta circunstancia como una violación del diseño<sup>13</sup>, ya que la unidad estaba operando con un caudal que superaba al nominal en condiciones de plena potencia, produciéndose una situación en la que probablemente no había suficiente margen de subenfriamiento a la entrada del núcleo. En tales circunstancias, y teniendo en cuenta que el reactor tenía un coeficiente de reactividad por huecos altamente positivo, se habría producido una excursión de potencia por este efecto, cuando se disparó el turboalternador – 8 y se empezó a reducir el caudal de las bombas a medida que caía la tensión del alternador. No se sabe el comportamiento de las bombas, si hubo mezcla agua-vapor, o incluso cavitaron. Según el informe de los socialistas soviéticos, las bombas no cavitaron. En cualquier caso, los expertos de la OIEA destacan que el reactor RBMK era muy sensible a un funcionamiento defectuoso de las bombas principales, debido a su coeficiente positivo de reactividad por huecos.
3. Durante la prueba no se mantuvo el Margen de Reactividad en Operación (ORM), lo que supuso una violación de las normas establecidas. Los operadores no eran conscientes de que el ORM era necesario para evitar el Disparo Positivo (*Positive Scram*) y mitigar el coeficiente positivo de reactividad por huecos.
4. La anulación del sistema de refrigeración de emergencia no supuso una violación del procedimiento de la prueba, porque así estaba establecido en el mismo; aunque su desarme desde el día anterior (25/4/1986), varias horas antes de la ejecución real de la prueba (00.00 horas del 26/4/1986), denotaba una falta absoluta de cultura de seguridad.
5. La anulación del disparo por nivel de vapor en los separadores de vapor fue una violación de los procedimientos, aunque se mantuvo uno de los dos disparos (600 mm y 1100 mm).
6. El desarme del disparo en las dos turbinas estaba permitido en el procedimiento de prueba y contrariamente a lo que se dijo en el INSAG-1, se considera que no hubiera provocado el accidente y, en todo caso, de haberse mantenido este disparo, se hubiera causado antes el daño al núcleo.

---

<sup>12</sup> “*The legacy of Chernobyl*” Zhores Medvedev, página 24 y 25

<sup>13</sup> INSAG – 7, página 8

Si se lee entre líneas el INSAG-7, se observa el enorme enfado de los expertos de la OIEA al sentirse engañados por la primera delegación soviética con la que se entrevistaron en agosto de 1986. En esta ocasión, los expertos de la OIEA se desquitan y hacen un análisis pormenorizado de la normativa soviética vigente, en el momento en que ocurrió el accidente de Chernobyl. La normativa vigente es la siguiente:

- Nuclear Safety Regulations for Nuclear Power Plants, [NSR-04-74]
- General Safety Provisions for the Design, Construction and Operation of Nuclear Power Plants, [GSP-73]

El análisis que hacen los expertos de la OIEA es demoledor, porque demuestran que los técnicos soviéticos no cumplían su propia normativa.

Los expertos de la OIEA hacen lo mismo con los procedimientos de operación, demostrando que en las centrales nucleares soviéticas se incumplían.

### **PRUEBA PENDIENTE DEL ARRANQUE INICIAL Y NO AUTORIZADA DEBIDAMENTE**

El accidente de Chernobyl- 4 se produjo cuando estaban haciendo una prueba al final del primer ciclo de esta unidad. La central de Chernobyl había arrancado y llevaba años funcionando, sin que se hubiera realizado esa prueba, que era un pendiente del arranque inicial.

La prueba se había intentado realizar antes en varias ocasiones, siempre con resultado fallido. Por lo que se habían hecho modificaciones para regular el campo magnético del generador. Este era el “invento” que se quería probar en esta ocasión.

El Estudio Final de Seguridad afirmaba que, en caso de un accidente base de diseño, en el que hubiese una pérdida total de energía eléctrica<sup>14</sup> a los sistemas de la central, las bombas de refrigeración se accionarían por la energía procedente del turbogenerador en su frenada. Como dice el INSAG 7 en la página 51, se había autorizado el arranque de Chernobyl-4 sin haber realizado esta prueba.

Los socialistas soviéticos habían enfocado esta prueba como una prueba eléctrica y habían desplazado un equipo de especialistas eléctricos a Chernobyl-4 para realizar la prueba en cuestión, con objeto de vigilar que el turbogenerador en su frenada fuera capaz de alimentar a las bombas principales. Los expertos de la OIEA les recuerdan que no era una prueba meramente eléctrica, sino que afectaba a equipo esencial de la planta; por lo tanto, tendría que haber sido aprobada por el *General Designer, Chief Design Engineer, Scientific Manager and the Regulatory Body*. Sin embargo, la normativa vigente (NSR-04-74 y GPS-82) no requería que el Jefe de Central obtuviese la aprobación de esas autoridades, tal y como se indica en el INSAG- 7, páginas 51 y 52:

**“However, regulations NSR-04-74 and GPS-82, which were in force at the time of the accident, did not require the Plant Managers to obtain approval for such a tests from the aforementioned organizations”.**

Grigori Medvedev en su libro<sup>15</sup> afirma: *“El procedimiento de pruebas estaba mal preparado y los requisitos de seguridad se habían rellenado por pura formalidad. Habían estipulado sencillamente que todas los descargos operativos durante la prueba*

---

<sup>14</sup> LOOP = Loss of Offsite Power. Pérdida total de energía eléctrica exterior.

<sup>15</sup> “*The Truth About Chernobyl*”, Grigori Medvedev, p.35.

fuesen autorizadas por el jefe de turno de la central; y que en caso de una emergencia, el personal actuase de acuerdo con las instrucciones internas”.

**“But this time the program was poorly prepared and its safety related measures had been drawn up as pure formality. They merely stipulated that all switching operations carried out during the experiments were to have the permission of the plant shift foreman; and that in case of emergency, the staff was to act in accordance with local instructions”.**

Un poco más adelante afirma: “¿Quién autorizó el desarme de los sistemas de protección establecidos en el diseño y en las normas de seguridad? Nadie lo autorizó. Ellos [Bryukhanov, Fomin y Dyatlov] simplemente lo hicieron por sí mismos”<sup>16</sup>.

**“Who authorized the removal of all the protective systems stipulated in the design and in the rules for nuclear safety? No authorization was given. They simply took it upon themselves”.**

Grigori Medvedev pone de manifiesto en su libro que el Comité de Seguridad Nuclear de la URSS, un organismo dotado de personal bien entrenado y experimentado y presidido por Ye. V. Kulov, un físico nuclear experimentado, falló estrepitosamente y no reaccionó adecuadamente ante un programa de pruebas tan pobre como el del Chernobyl<sup>17</sup>.

**“The Nuclear Safety Committee was staffed by some well-trained and experience people, under the committee chairman Ye. V. Kulov, an experienced nuclear physicist, who ha previously worked for many years on nuclear reactors for the Ministry of Medium Machine Building. Curiously, however, even Kulov failed to react to the poorly drafted test program from Chernobyl”.**

Kulov se definía a sí mismo como un policía, que no iba a realizar el trabajo de los demás, sino a prohibir y evitar las equivocaciones que se pudieran cometer. Desafortunadamente, en el caso de Chernobyl, Kulov no se comportó como el buen policía que decía ser.

**“At one meeting held in 1984, Kulov, who had recently been appointed chairman of the Nuclear Safety Committee, explained to an audience of nuclear plant personnel how they were function: “Do not imagine that I am going to do your jobs for you. Figuratively speaking, I am a policeman. My job is to forbid and cancel out any wrong moves on your part”. Unfortunately, even as a policeman, Kulov did not do a particularly good job in connection with Chernobyl”.**

Según dice Grigori Medvedev en su libro<sup>18</sup>, Bryukhanov, envió el procedimiento de pruebas al Instituto Hidroproyekt y al Comité de Seguridad Nuclear, sin recibir respuesta.

**“In January 1986, the plant director, V.P. Bryukhanov, sent the program to the general Project manager at de Hidroproyekt institute and the Nuclear Safety Committee. No reply was received”.**

Zhores Medvedev en su libro<sup>19</sup> afirma que el simple hecho de que los operadores estuvieran llevando a cabo una prueba, que no había sido aprobada al más alto nivel,

---

<sup>16</sup> “*The Truth About Chernobyl*”, Grigori Medvedev. P.40, (Brykhanov, director; Fomin, ingeniero jefe; Dyatlov, subjefe de ingeniería y jefe de la prueba)

<sup>17</sup> “*The Truth About Chernobyl*”, Grigori Medvedev p. 38 y 39.

<sup>18</sup> “*The Truth About Chernobyl*”, Grigori Medvedev, p.36

<sup>19</sup> “*The legacy of Chernobyl*”. Zhores Medvedev, p. 20.

pone en evidencia que algo fallaba en la cadena de mando. El Comité del Estado para la Seguridad de la Energía Atómica tenía una representación permanente en la central de Chernobyl. A pesar de ello, no se había informado a los inspectores residentes de la prueba en curso. La tragedia en parte fue producto de la anarquía administrativa o del empeño de mantenerlo todo en secreto.

**“The mere fact that the operators were carrying out an experiment that had not been approved by higher officials indicates that something was wrong with the chain of command. The State Committee on Safety in the Atomic Power is permanently represented at the Chernobyl station. Yet the engineers and officers were not informed about the program. In part, the tragedy was the product of the administration anarchy or the attempt to keep everything secret”.**

El 8 de agosto de 1987, el periódico “*Moscow News*”<sup>20</sup> reconocía que el 31 de diciembre de 1983, Brukhanov, director del proyecto, había firmado el acta por el que se aceptaba la puesta en marcha de la central, certificando que se había completado el programa de pruebas. No obstante, entre 1982 y 1985 se habían realizado pruebas con el turboalternador y los sistemas de seguridad. Estas pruebas habían resultado fallidas y seguían pendientes.

**“On 31 December 1983, despite the fact that necessary tests had not been conducted on reactor No. 4, Bryukhanov signed an act accepting into operation the launching complex of the reactor and certifying that had been completed. Aiming to bring the safety systems into working order, tests were conducted on the turbo generator between 1982 and 1985. These tests were unsuccessful and remained incomplete.”**

Más adelante, Zhores Medvedev desarrolla en su libro la idea del secretismo en la URSS, que está en el transcurso del accidente de Chernobyl<sup>21</sup>. En primer lugar, destaca la ausencia de debates, como las audiencias públicas habituales en EE.UU. En segundo lugar, resalta que los burócratas y tecnócratas tenían “carta blanca” para llevar a cabo todos sus antojos, ante un público que permanecía apático y silencioso. Y, por último, señala que las pocas voces críticas que existían, se callaban ante el temor de perder su status. Uno de los escasos críticos fue Ivan Zhezherum, eminente científico del instituto Kurschatov y explica su silencio ante el público con unas frases que aparecieron en la *Literaturnaya Gazeta* y que son terribles:

*“[Si hubiera hablado] en vez de una pensión, estaría en prisión. Y en vez de oír palabras lisonjeras como “doctor en ciencias”, “laureado”... [hubiera escuchado] epítetos tales como falsario, truhán, renegado..”*

**“He would have been not on pension, but on prison bench. And instead of being called fine works like “doctor of science”, “laureate”... epithets like slenderer, blackguard, and renegade would have been used about him...”**

## **¿POR QUÉ NO SE HABÍA HECHO LA PRUEBA?**

Como cuenta Zhores Medvedev en su libro<sup>22</sup>, si Bryunakov no hubiese firmado el acta el 31 de diciembre de 1983 – justo al finalizar el año – miles de trabajadores,

<sup>20</sup> “*Moscow News*” es un periódico que tiene escasa difusión en Rusia, y está fundamentalmente dirigido hacia el exterior.

<sup>21</sup> “*The legacy of Chernobyl*”. Zhores Medvedev, p. 252/260.

<sup>22</sup> “*The legacy of Chernobyl*”. Zhores Medvedev, p. 13

ingenieros y directivos de los ministerios y sus comités habrían perdido sus bonos, sus recompensas, sus pagas extras, que a menudo llegan duplicar y triplicar el salario mensual. Como los salarios en la Unión Soviética rara vez suben, los bonos pagados por cumplir o superar los objetivos llegan a ser una parte importante de los ingresos medios de la industria. Esta es la razón por la que las cifras se falsifican a menudo y las estadísticas carecen de valor en la Unión Soviética.

**“If Bryukhanov had not signed the act on 31 December 1983 thousands of workers, engineers and his own superiors in the ministries and committees would have lost the bonuses, awards and other extras (which often amount as two or three times a monthly salary). Since salaries rarely increase in the Soviet Union, the bonuses paid for the fulfilment or over fulfilment of the plan become an increasingly important part of the average industrial income. This is one reason why output figures are often falsified (and why the usefulness of Soviet statistics has declined)”.**

### **¿CÓMO SE HIZO LA PRUEBA?**

Se puede decir que la prueba se hizo a ciegas.

La central disponía de un ordenador llamado *SKALA* cuyos datos se actualizaban cada cinco (5) minutos. En las centrales españolas se dispone de un ordenador que actualiza los datos cada cuatro (4) segundos (*SAMO: Sistema de Ayuda Mecanizada del Operador*, que equivale al *Safety Parameter Display System* de los EE.UU.)

Adicionalmente la central de Chernobyl disponía de un sistema de registro y diagnóstico de datos (*DREG*) que exploraba y registraba varios cientos de señales analógicas y digitales en un segundo; pero que no registraba los principales parámetros del reactor, tales como: potencia y niveles de reactividad, caudal del refrigerante en los canales de combustible, etc. La posición de las barras de control se exploraba cada minuto.

Sin embargo, el sistema *DREG* era poco fiable, porque antes de la prueba había fallado tres veces, cuando re-arrancaba el *SKALA*, y durante la prueba fatídica estuvo inoperable en dos ocasiones.

La velocidad de los registradores de la Sala de Control era de 240 mm/h, cuando en las centrales nucleares españolas la velocidad es de 600 mm/h.

Para realizar la prueba se instaló un oscilógrafo para vigilar diversas señales eléctricas, sin sincronizarlo con los parámetros del reactor.

### **ORGANIZACIÓN DE LAS CC.NN. EN URSS**

El diseño, construcción y explotación de las centrales nucleares en la Unión Soviética depende de un enjambre de ministerios y organizaciones.

La explotación de las CC.NN., como la de todas las centrales eléctricas en general, depende del *Ministry of Power & Electrification*, con una rama en Ucrania; el turbogenerador, del *Ministry of Power Machine Building*; el reactor y ciclo de combustible, del *Ministry of Medium Machine Building*, cuyas actividades se mantenían en secreto por estar relacionadas con las armas nucleares. Existía un Comité del Estado para la Utilización de la Energía Atómica, que, junto con el ministerio anterior, hacía labores de supervisión. A partir de 1983 se creó un Comité del Estado para la Seguridad de la Energía Atómica y que estuvo presente en el arranque de Chernobyl. En julio de

1986, como consecuencia del accidente de Chernobyl-4, se creó un nuevo ministerio - *Ministry of Atomic Power Stations* -, como si ésta fuera la solución a todos los problemas.

## PROCESAMIENTO DE LOS RESPONSABLES

Tras la catástrofe de Chernobyl, los principales responsables soviéticos fueron procesados y condenados. Victor Bryukhanov, el director, a diez años de prisión. Nicolai M. Fomin, Chief Engineer, fue el que aprobó el programa de pruebas y es el que aparece sentado en la foto, junto con Bryukhanov que está de pie. Anatoly Dyatlov, Deputy Chief Engineer, físico cualificado y experimentado, estuvo al cargo de la prueba, pero en el momento clave estaba en los servicios y afirma que no dio la orden de subida de potencia, algo que no se puede contrastar porque los operadores están muertos, como dice Zhores Medvedev; fue condenado a diez años de prisión. Yiuri Lauskin, inspector del Comité para la Seguridad de los Reactores.

Dyatlov realizó un auténtico acoso laboral al operador del reactor, Toptunov y al operador jefe, Akimov, a los que les insultaba a gritos, amenazándoles con sustituirlos por otro operador si no continuaban la prueba, tal y como se documenta en el Anexo I “Ejecución detallada de la prueba en la Sala de Control”.

## EL LEGADO PÓSTUMO DEL ACADÉMICO LEGASOV

El académico Legasov presidió la delegación soviética que informó a la OIEA en agosto de 1986. Era el académico más competente en materia nuclear, razón por la cual le encargaron la redacción del informe oficial sobre la catástrofe de Chernobyl; sin embargo, al día siguiente del primer aniversario del accidente de Chernobyl-4 se suicidó. No obstante, conocemos algunas notas del informe que estaba elaborando.

Legasov dice: *“Tengo entre mis notas la transcripción de una conversación telefónica entre los operadores la madrugada del accidente. Leyendo las notas, a uno se le pone la carne de gallina. Uno de los operadores telefonea a otro y le pregunta: “¿Qué debo hacer? El procedimiento contiene las instrucciones de lo que hay que hacer y también un montón de cosas tachadas”. Su interlocutor pensó durante un rato y le respondió: “Sigue las instrucciones tachadas” La redacción de los procedimientos de algo tan serio como una central nuclear son tales que: alguien ha tachado algo y el operador debe decidir si es válido o no, pudiendo tomar acciones arbitrarias. Al operador no se le puede culpar de todo, porque alguien redactó el plan,... alguien lo firmó y alguien no lo aprobó”.*

**“I have in my safe transcript of the operators’ telephone conversation on the eve of the accident. Reading the transcripts makes one’s flesh creep. One operator rings another and asks: “What shall I do? In the programme there are instructions of what to do, and then a lot of things are crossed out”. His interlocutor thought for a while and then replied: “Follow the crossed out instructions”. The level of preparation of serious documents for something like an atomic station: someone has crossed something out, and the operator could decide whether what was correct or not. He could take arbitrary actions. One cannot lay all the blame on the operator because someone composed the plan... Someone signed it and someone did not approve it”.**



Según escribe Zhores Medvedev en su libro, al parecer, Anatoly Alexandrov, presidente de la Academia de Ciencias Soviéticas y máximo defensor del reactor RMBK, no fue ajeno al suicidio del académico Legasov.

## PERFIL PSICOLÓGICO DE LOS OPERADORES

En el informe oficial de la OIEA (INSAG-7) se incluye la opinión del *Prognoz Psychological Research Laboratory* de la URSS sobre los operadores de las centrales nucleares soviéticas. Según estos psicólogos, globalmente hablando, el personal que estaba operando Chernobyl en 1986 se le podía considerar como el típico grupo de especialistas estables y maduros, con cualificaciones consideradas como satisfactorias en la URSS. No eran mejores, pero tampoco peores, que el personal de otras centrales.

**“As a whole, the Chernobyl personnel in 1986 were characterized as a fairly typical, mature and stable group of specialists with qualifications regarded in the USSR as satisfactory. They were not better, but no worse, than the personnel at other nuclear plants “.**

Alexander Akimov, (Sasha), era el Jefe de Turno (*Senior Reactor Operator*) y Leonid Toptunov, (Lenya) el Operador de Reactor (*Reactor Operator*), ambos murieron como consecuencia de las radiaciones, porque las centrales nucleares soviéticas no tenían una Sala de Control blindada y con la ventilación controlada, como sucede con las centrales nucleares españolas, tal y como antes se ha explicado.

Kudryavtsev y Proshuriakov eran operadores en prácticas. Tras ocurrir el accidente, Akimov les ordenó que fueran a inspeccionar la planta de operación del edificio del reactor. Le informaron a Akimov del desastre que había ocurrido, y éste no les creyó. Murieron horas después por efecto de las radiaciones, ya que habían estado encima del reactor dañado.

Sin embargo, para entender bien lo que sucedió en la Sala de Control de la Unidad 4 de Chernobyl, hay que hablar de Anatoly Stepanovich Dyatlov, subjefe de ingeniería del reactor y responsable de la prueba en curso. Según nos describe Grigori Medvedev en su libro<sup>23</sup>, Dyatlov hizo un verdadero acoso laboral a los operadores obligándoles a subir potencia, cuando éstos no estaban convencidos de que eso era lo correcto. Lo lógico es que hubieran suspendido la prueba, parando suavemente el reactor. Dyatlov era una persona con un carácter difícil que acostumbraba a regañar a sus subordinados, insultándoles a voz en grito y poniéndoles nerviosos, tanto en el panel de control como en la sala de reuniones<sup>24</sup>. Pero no nos equivoquemos. Esto no es lo fundamental. Todos en nuestra vida profesional hemos tropezado con personas con las que es muy difícil trabajar y otras con las que es un auténtico placer. Lo importante es cómo está estructurada la organización. Hay organizaciones que neutralizan comportamientos como los de Dyatlov y otras que los potencian.

En las centrales nucleares españolas es inconcebible que un jefe de pruebas, o incluso el propio jefe de central, dé órdenes a voz en grito a los operadores de la Sala de Control. Sencillamente; ellos no tienen autoridad para eso. El Jefe de Turno y el Operador de Reactor son los que mandan en la Sala de Control, porque son los que tienen la licencia de operación, a título personal. Tan es así, que nadie entra en la “U”, o panel principal, sin autorización del Jefe de Turno; aunque sea el mismísimo jefe de

---

<sup>23</sup> “*The Truth About Chernobyl*”, Grigori Medvedev, p. 46 y siguientes.

<sup>24</sup> Por su interés, me he tomado la molestia de traducir la narración que Grigori Medvedev hizo de lo ocurrido en la Sala de Control entre el jefe de la prueba y los operadores.

central o el gerente de la empresa. Es lo mismo que ocurre en un avión comercial, en cuya cabina no entra nadie sin autorización del comandante.

## FORMACIÓN DE LOS OPERADORES

Según indica Zhores Medvedev en su libro<sup>25</sup>, los operadores aprendían las maniobras de memoria y practicaban directamente sobre el Panel de Control. No tenían un simulador, para ensayar tanto las maniobras ordinarias (arranques y paradas) como extraordinarias (transitorios y accidentes), como es habitual en las centrales nucleares españolas y es práctica común entre los pilotos de aviación. La Sala de Control no estaba optimizada desde el punto de vista de los factores humanos; es decir, no se había tenido en cuenta la interfase hombre – máquina.

## TESTIMONIO DE LOS OPERADORES SUPERVIVIENTES

Como se ha dicho, los operadores que estaban en la Sala de Control murieron a consecuencia de las radiaciones. Antes de morir, les exigieron que escribieran sus impresiones en un memorándum. No tenemos este testimonio, pero sí el de los operadores supervivientes del turno de mañana, que era el equipo que tenía que haber realizado la prueba, y había sido especialmente adiestrado para ello.

Igor Kazachkov del turno de mañana dijo: *“A veces pienso ahora qué es lo que habría sido necesario para impedir que esto sucediera de nuevo. No estoy hablando de tecnología, sino de gente. No debería haber sólo gente más cualificada en el Panel de Control, sino más libre. Gente que no tuviera temor a la espada de Damocles que pende sobre su cabeza. ¿Usted sabe lo que es ser despedido de Pripjat?... Si Sasha Akimov (Jefe de Turno) hubiera sido libre, hubiera sido capaz de tomar las decisiones correctas”*.

**“I sometimes think now about what we need to prevent it happening again. I’m am not talking about technology...but about people. There should not just highly qualified people at the control panels, but freer people. People who aren’t afraid of the sword constantly hanging over their heads. You know...what does mean to be fired at Pripjat? ...If Sasha Akimov (SRO) had been free, then he would have been able to take the correct decisions”**.

A. G. Uskov del turno de mañana dijo: *“¿Si usted hubiera estado en el panel principal de la Unidad 4 en la noche del 26 de abril de 1986, habría infringido las normas para llevar a cabo las pruebas? Si fuera completamente sincero, tendría que responder que las hubiera infringido. Si hubiera estado trabajando en el panel de control, tal vez hubiera protestado ante el ingeniero jefe, pero no hubiera tenido el coraje suficiente para rechazar categóricamente una orden. ¿Por qué? Déjeme explicárselo. En primer lugar, no estamos acostumbrados a cumplir nuestras leyes al pie de la letra, porque estas leyes se quebrantan ante nuestros ojos – ¡y cuán a menudo! ¿No fue eso lo que hizo la Comisión del Gobierno cuando reconoció que la Unidad 4 estaba lista para la explotación, cuando quedaban pendientes? Por supuesto que lo sabían. Si uno mira más en profundidad, el accidente no comenzó a las 01 horas y 23 minutos del 26 de abril de 1986, sino cuando el director del AES, Bryukhanov, estampó su firma en el documento de la Comisión de Gobierno”*.

---

<sup>25</sup> “The legacy of Chernobyl”, Zhores Medvedev, p.272 /273

**“If you have been in the place of engineers at the controls panel 4 on the night of 26 April 1986, would you have infringed the regulations to conduct that experiment? If I’m completely honest, then I have to reply that I may have infringed them. It has been working at the control panels, I might perhaps have protested to the chief engineer, *but I would not have enough spirit to refuse categorically out his command*”. “Why? Let me try explain...Firstly, we often don’t the need to observe our laws to letter because these laws are broken all around us before our eyes – and quite often!...Can it really be that the Government Commission that accepted unit 4 as ready for operation did not know that it was accepting incomplete? Of course they knew”....If you look more deeply, the accident started not at 1.23 on 26 April 1986, but in December 1983, when the director of the AES, Bryukhanov, put his signature on the document of the Government Commission...”**

### **¿POR QUÉ PASÓ LO QUE PASÓ?**

Ante esta situación, uno se debe preguntar: ¿Por qué pasó lo que pasó? ¿Por qué ocurrió el accidente de Chernobyl – 4?

En la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas tenían normas, pero no las cumplían; tenían procedimientos, pero no los cumplían y, además, estaban llenos de tachaduras; tenían un enjambre de ministerios, todos ellos implicados en el diseño, construcción y explotación de las CC.NN.; tenían inspectores y organismos de inspección. No se puede decir que en la URSS no hubiese autoridad: la había y era temible.

Entonces, ¿por qué pasó lo que pasó?

Yo les voy a responder con una frase que han oído alguna vez; tal vez, muchas veces. La pronunció lord Acton y dice así: **“El poder corrompe y el poder absoluto corrompe absolutamente”**.

¿Qué hacemos en Occidente para evitar esta situación, para evitar el poder absoluto? De nuevo, tenemos que recurrir a un clásico, en este caso Montesquieu. En su famoso libro *“El espíritu de las leyes”*, escribió:

*“Es una experiencia eterna que todo hombre que tiene poder siente la inclinación de él, yendo hasta donde encuentra límites. ¡Quién lo diría! La misma virtud necesita límites. Para que no se pueda abusar del poder es preciso que, por la disposición de las cosas, el poder frene al poder”*.

A esto se le llama: **SEPARACIÓN DE PODERES**, que es la esencia del liberalismo.

Normalmente se habla de la separación de los tres poderes: el Legislativo, el Ejecutivo y el Judicial. Muchas veces ustedes habrán oído decir que en España no hay una auténtica separación de poderes, y es cierto. Todos nuestros problemas vienen de que se está minando la débil separación de poderes que los españoles nos dimos en la Constitución de 1978.

Yo no soy fundamentalista de las centrales nucleares: un país puede vivir perfectamente sin centrales nucleares; sin embargo, no puede vivir sin separación de poderes. Si en algo soy fundamentalista es de la separación de poderes. Se da la circunstancia de que la seguridad de las centrales nucleares en Occidente es el fruto más logrado de la separación de poderes. Esto no es una casualidad, sino una consecuencia.

Pero el problema es bastante más profundo que la separación de los tres poderes clásicos. Yo he desarrollado la “**Teoría de los engranajes**”. Esta teoría es, en resumidas cuentas, lo mismo que decía Montesquieu, o si ustedes me lo permiten, una matización a lo que éste dijo. ¿Y qué dijo? Organicemos la sociedad de forma tal que a un poder enfrentemos otro poder. Y yo añado a este planteamiento el que los dos poderes enfrentados tienen que tener la misma dureza, porque son piezas de un mecanismo que funcionan engranadas; de forma tal que, si una de las piezas (o poder) tiene mayor dureza que la otra, termina desgastándola, creando una holgura que acaba por desbaratar el mecanismo, que debe funcionar como un engranaje perfecto. Apliquen esta teoría a los siguientes binomios: Gobierno/ Oposición, Patronal/ Sindicatos, Empresas Eléctricas / Organismo Regulador (CSN), etc. Si uno de los términos del binomio es más duro que el otro – da igual sea el que sea, Gobierno u Oposición, Patronal o Sindicatos – el engranaje termina saltando por los aires, por exceso de holgura. Al final tiene que haber **equilibrio de poderes**; es decir, un sistema de pesas y contrapesas del que habrán oído hablar ustedes muchas veces.

¿Qué pasó en Chernobyl-4? Que no tenían separación de poderes, que no existía el binomio Empresas Eléctricas propietarias/CSN. Por ser la Unión de Repúblicas Socialistas soviéticas, no había propiedad privada y los funcionarios del Estado hacían y deshacían a su antojo, sin que nadie se pudiera oponer.

**El accidente de Chernobyl ocurrió porque en la URSS no había separación de poderes. Esta es la causa raíz del accidente. Y yo nunca había oído hablar de esta causa raíz, al menos con la claridad y contundencia que lo he hecho en esta conferencia.**

Sin embargo, no es nada nuevo, porque es lo mismo que dice la OIEA en su informe oficial (INSAG- 7), cuando afirma, en su conclusión I-5.3 lo siguiente:

**“The system of legal, economic and socio-political correlations that existed prior to the accident and still exist in the field of nuclear power has no legal basis, and did not and does not meet the requirements of ensuring the safe utilization of nuclear power in the USSR”.**

“El sistema legal, económico y las correlaciones socio-políticas que existían antes del accidente, y que todavía existen en el campo de la energía nuclear, no tienen la base legal y no cumplían, ni cumplen, los requisitos que garantizan la utilización segura de la energía nuclear en la USSR”.

Como se ve, es lo mismo que yo he dicho, la única diferencia es que está escrito en inglés y con lenguaje diplomático.

Grigori Medevdev dice lo mismo<sup>26</sup>, aunque de una forma mucho más elocuente:

*“Un absceso, ocultado durante mucho tiempo a nuestra sociedad, acababa de estallar. El absceso de la complacencia, de la corrupción, del proteccionismo, de la estrechez de miras y de los privilegios egoístas. Ahora, según se descomponía el cadáver de una época que desaparecía – la época de las mentiras y el decaimiento espiritual – llenaba el aire el hedor de la radiación”.*

**“An abscess, long hidden within our society, had just burst: the abscess of complacency and self-flattery, of corruption and protectionism, of narrow-**

---

<sup>26</sup> “The Truth About Chernobyl”, Grigori Medevdev, p.161

**mindedness and self- serving privilege. Now, as it rotted, the corpse of a bygone age – the age of the lies and spiritual decay – filled the air the stench of radiation”.**

La “Separación de Poderes” no es algo que descubrió Montesquieu, sino que está en las raíces mismas de la civilización occidental. Es lo que separa a Occidente de Oriente. Basta recordar cómo estaba organizada Roma en tiempos de la República. Como no querían que el poder se concentrara en manos de una sola persona – tenían pavor al título de Rey- dividían el poder entre dos cónsules, que se elegían cada año. Es indudable que el poder de Roma se lo daban las legiones; pero querían que el cónsul y sus legiones estuvieran fuera de Roma. Estaba terminantemente prohibido que el cónsul entrara en Roma con sus legiones, salvo para la marcha triunfal. Como todos saben, la situación cambió cuando un cónsul cruzó el Rubicón y pronunció la frase “*Alia iacta est*”. Desde ese momento, Roma dejó de ser una República de ciudadanos libres y se convirtió en un Imperio. Cuando el poder se concentra en una persona, como el emperador, todo queda al arbitrio de esa persona. Si el emperador es una buena persona, un filósofo como Marco Aurelio, las cosas pueden ir razonablemente bien; pero si es un ambicioso y degenerado, como Calígula, lo mismo te obliga a adorar a su caballo. Les recuerdo esta historia porque la “Separación de Poderes” no es algo que esté garantizado de forma permanente. La República romana tuvo separación de poderes durante siglos, pero la perdió en un momento de su historia. Por lo tanto, la historia nos enseña que debemos estar alerta, si queremos conservar la “Separación de Poderes”; es decir, si queremos ser ciudadanos libres.

¿Por qué insisto tanto en la causa raíz? Porque un problema no está resuelto, si no se ataca la causa raíz. Por esta razón en el campo nuclear damos tanta importancia a los estudios de causa raíz.

Algunos de los Jóvenes Nucleares han viajado a Ucrania, para visitar Chernobyl-4 y las impresiones que ustedes nos han transmitido, se pueden resumir en las siguientes:

- El problema de Chernobyl-4 es un problema de todos, de todos nosotros.
- Para que el “sarcófago”<sup>27</sup> siga siendo seguro, se necesita dinero, dinero y mucho más dinero.
- Tienen la sospecha de que el dinero que se envía a Chernobyl-4 no llega a su destino.

Como conclusión, ustedes no se han quedado muy convencidos, ¿por qué? Porque Ucrania es un país que no está organizado con “Separación de Poderes”. No está resuelta la causa raíz y, por lo tanto, no está resuelto el problema.

No es fácil resolver este problema, porque Ucrania – al igual que la URSS- no ha conocido nunca la separación de poderes; ha sido un país históricamente invadido y dominado por sus vecinos, según se pone de manifiesto en el Anexo IV “*El entorno, datos geográficos e históricos*”. Ucrania no conoció la separación de poderes cuando estuvo dominada por la Rusia de los zares, ni mucho menos en la época de la URSS. Un cambio como ése no se produce por decreto-ley, es algo mucho más profundo. A nosotros nos ha costado siglos tener la separación de poderes y nunca la hemos alcanzado de forma perfecta. Basta leer el preámbulo a la Constitución Española de

---

<sup>27</sup> Sarcófago: reactor accidentado y sellado lo más herméticamente posible. Hay dudas sobre su hermeticidad a largo plazo.

1812<sup>28</sup> para ver que nuestra historia ha sido un Guadiana, en cuanto a la separación de poderes.

Por eso, entre nosotros – y a sotto voce -, podemos decir que el problema de Chernobyl-4 es de gran envergadura y no tiene fácil solución.

El único país que nació como una democracia y que tiene separación de poderes es los Estados Unidos de Norteamérica. Sus padres fundadores, hombres ilustrados que conocían muy bien a Montesquieu, se preocuparon porque hubiera una auténtica separación de poderes, un sistema de pesas y contrapesas que es la base de su estabilidad y prosperidad. No es casualidad que Estados Unidos sea hoy una gran potencia: la única gran potencia<sup>29</sup>.

## HÉROES DEL PUEBLO

No se puede terminar de hablar del accidente de Chernobyl-4, sin hacer un homenaje a los auténticos héroes del pueblo: los bomberos y los operadores que murieron cumpliendo con su deber por efecto de las radiaciones. Los bomberos tuvieron que apagar el incendio que se había extendido a las 1700 Tm de grafito y evitaron que se propagara a las otras unidades, gracias a las acciones que previamente habían llevado a cabo los operadores de turbina.

Muchos de ellos eran conscientes de que estaban arriesgando sus vidas por salvar las de sus compañeros y la del público en general. Esto es lo más hermoso que se puede decir de una persona y, por lo tanto, merecen nuestro homenaje.

Recordemos sus nombres:

	<b>Bombero</b>	<b>Operadores</b>	
s	Vaschuk	Akimov	Perchuk
o	Ignatenk	Toptunov	Vershinin
	Pravik	Perevozchen ko	Kurgus
	Kibenok	Braznik	Novik
	Titenok	Proskuryakov	Metlenko
	Tischura,	Kudryavstsev	Sitnikov, etc

En el Anexo II “*Acciones de rescate tras el accidente*” se incluye un relato pormenorizado de las actuaciones que tuvieron lugar después del accidente. La conclusión es que hubo grandes dosis de improvisación, muchas acciones inútiles, otras incorrectas y otras acertadas; pero también hubo grandes dosis de heroísmo por parte de muchas personas, aunque el comportamiento heroico no fue generalizado, ya que, como dice Grigori Medvedev, de los 5500 trabajadores que había en Chernobyl, el primer día se marcharon 4000, sin decir a dónde.

<sup>28</sup> La Constitución Española de 1812 y su preámbulo se pueden leer en Internet, Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes.

<sup>29</sup> Una historia recomendable de los EE.UU. es la de Paul Johnson: “*Estados Unidos. La historia*”, ediciones B. De este autor también son recomendables “*Intelectuales*” de Ediciones Vergara y “*Tiempos modernos*”, editorial CUM LAUDE.

## EL ACCIDENTE DE THREE MILE ISLAND (TMI-2)

Como ustedes saben, el accidente ocurrió en la unidad 2 de la central nuclear de Three Mile Island el 29 de abril de 1979.

A los pocos días de ocurrir el accidente (4 a 7 de abril), a mí me enviaron a que fuera a Harrisburg. Obviamente, no puede entrar en la central, aunque estuve en la valla del emplazamiento. Lo único anecdota que puedo contar es que en el tablón del hotel había pegado un “post-it “, que decía: “*NO NUKES, GOOD NEWS*”; es decir, que no haya nucleares es una buena noticia, parodiando el dicho: “*No news, good news*”.

Después de visitar el emplazamiento de TMI-2, tuvimos una reunión (o “*briefing*”) en las oficinas de Westinghouse en Pittsburgh, donde nos dieron su opinión sobre el impacto que el accidente de TMI-2 podría tener en el desarrollo de la energía nuclear. A esta reunión se sumó don José Luís Hernández Varela, que le había enviado la dirección de Hidroeléctrica Española, S.A., con la misma misión.

El accidente está perfectamente estudiado y, en la documentación que les entrego, se incluyen varias presentaciones sobre este tema. Por lo tanto, por falta de tiempo, no me voy a detener en los detalles técnicos del mismo, sólo quiero decirles lo siguiente: la causa del accidente de TMI-2 fue un error del operador y se produjo la fusión del núcleo. Hasta ahí, fue similar a Chernobyl; pero a partir de ahí las diferencias son sustanciales, porque el daño del núcleo quedó confinado dentro de la contención, sin consecuencias al exterior, ni a los operadores – que estaban protegidos en la Sala de Control -, ni a la población.

Se puede decir que el accidente de Chernobyl-4 fue consecuencia de un fallo estrepitoso del sistema socialista soviético; mientras que en TMI-2, aunque hubo un fallo del sistema, éste no fue estrepitoso.

Para ello, basta leer las declaraciones de E.R. Frederick, el operador del reactor que provocó el accidente, y que están recogidas en la página 86 del informe oficial de la OIEA (INSAG-7):

*“Cómo me hubiera gustado dar marcha atrás y cambiar aquellas dos decisiones. Pero lo hecho no se puede deshacer – y se debe evitar. No se puede colocar a un operador en una situación que un ingeniero no haya analizado previamente. Un ingeniero no debe analizar nunca una situación, sin tener en cuenta la reacción del operador”*

***“How I have wished to go back and change those two decisions. But the event cannot be undone - and it must not happen again. An operator must never be placed in a situation which an engineer has not previously analysed. An engineer must never analyse a situation without observing an operator’s reaction on it”.***

Hay que resaltar que el operador de reactor, E. R. Frederick, sobrevivió al accidente, cosa que no ocurrió en Chernobyl **y no fue procesado por ello**. La industria nuclear americana, en su conjunto, reconoció sus fallos, afirmando: “*Algunos transitorios se pueden evitar completamente con un buen diseño. Si se puede concebir un transitorio, se debe diseñar una estrategia para controlarlo*”.

Quiero resaltar que en EE.UU. no se procesó al operador Frederick; sin embargo se procesó y encarceló a los responsables del escándalo de ENRON, Kenneth Ley y Jeffrey Skilling, así como a Bernard Madoff, autor de la última gran estafa. En Estados Unidos

quien la hace la paga. No como ha sucedido en España con “los Albertos” que, condenados por el Tribunal Supremo, han sido eximidos por el Tribunal Constitucional.

## **ACCIONES CORRECTIVAS TRAS TMI-2**

Tras el accidente de TMI-2 hubo un aluvión de requerimientos, como no podía ser menos, por parte del Organismo Regulador (*Nuclear Regulatory Commission, NRC*). Los requerimientos aplicaron a toda la industria nuclear y también a las centrales nucleares españolas que, como C.N. Almaraz, eran de diseño Westinghouse.

Visto ahora con perspectiva, no todos los requisitos eran necesarios, ni todos tenían la misma importancia. Estos requisitos se recopilaron en el documento NUREG-0737<sup>30</sup>, que fue de obligado cumplimiento para centrales nucleares, como la de Almaraz.

Las principales acciones correctivas fueron las siguientes:

### **Medidor de subenfriamiento (*Subcooling Meter*)**

Uno de los fallos de TMI-2 es que los operadores, por un momento, olvidaron que estaban manejando un reactor de agua a presión; es decir, un reactor que se refrigera con agua a presión, esto es, que no tiene que entrar en ebullición. Para ello es necesario que se mantenga siempre el adecuado margen de subenfriamiento. Por esta razón, se instaló en todas las centrales de agua a presión un medidor de subenfriamiento, con un gran indicador en el Panel Principal de la Sala de Control.

### **Sistema de Ayuda Mecanizada al Operador (SAMO) (*Safety Parameter Display System*)**

En todas las centrales se incorporó un ordenador redundante, adicional al que ya había, que mostrara los parámetros de seguridad, como ayuda al operador.

### **Venteo de la vasija**

Se instaló un sistema que permitiera el venteo de la cabeza de la vasija, con objeto de evacuar los posibles gases que se acumularan en caso de accidente.

### **Sistema de muestreo post-accidente (Post- accidente sampling system, PASS)**

Las centrales nucleares disponían de un sistema de muestreo del primario; pero éste no disponía del blindaje necesario para tomar muestras con el núcleo altamente dañado.

### **Instrumentación post- accidente**

Se revisó toda la instrumentación necesaria en caso de accidente, para ver si tenía el rango adecuado o era necesario incrementarlo, como en el caso de los monitores de radiación. Como consecuencia de ello, se editó la revisión 2 de la Regulatory Guide 1.97. de la US. NRC.

### **Planes de emergencia (*Emergency Preparedness*)**

Se realizó una reforma completa de los planes de emergencia.

### **Procedimientos de Operación de Emergencia (POE's) (*Emergency Response Guidelines, ERG's*)**

---

<sup>30</sup> NUREGE O737 “Clarification of TMI Action Plan Requirements”, Noviembre, 1980.



Uno de los trabajos más valiosos que acometió el Grupo de Propietarios de Westinghouse (*WOG: Westinghouse Owners Group*) fue la redacción de unos nuevos procedimientos de operación de emergencia, o protocolos que tenían que seguir los operadores en caso de emergencia.

¿Qué pasó en TMI-2? Pues que los operadores, en su afán de llevar la central rápidamente a condición segura – parada fría -, olvidaron por un momento que tenían entre manos un reactor de agua a “**presión**”, que precisa mantener la presión del agua en el núcleo para garantizar su refrigeración. Se entiende por condición segura el “modo de operación de parada fría, (condición 6 de las ETF’s)”, pero es igualmente seguro el modo de operación de disponible caliente, en el que todavía no se ha reducido la presión.

¿Qué es lo que hacen los nuevos POE’s? Le dicen al operador que no debe preocuparse en diagnosticar el tipo de accidente que ha ocurrido, sino en mantener siempre en condición segura las denominadas **funciones de seguridad** y que aparecen señaladas con luz verde en el ordenador (SAMO), si es que están bien; o con luz ámbar o roja, si requieren acción inmediata. El operador no tiene por qué preocuparse de llevar la unidad a parada fría (*cold shutdown*), sino que la puede mantener indefinidamente en disponible caliente (*hot standby*), siempre que todas las funciones seguridad estén en verde. De esta manera puede esperar a tener los refuerzos suficientes, de la propia empresa o de la industria en general, ya que el accidente puede ocurrir en cualquier momento intempestivo, cuando la dotación del turno de servicio en la Sala de Control sea la mínima.

Fue verdaderamente apasionante observar cómo el WOG acometió la elaboración de los POE’s (o ERG’s). Se crearon dos grupos de trabajo: el de análisis y el de procedimientos. El primero tenía que llevar a cabo los análisis o cálculos que respaldaban los procedimientos operativos. Este extraordinario trabajo en equipo ha permitido tener, a las centrales nucleares españolas de agua a presión, los mismos procedimientos que los utilizados en las centrales norteamericanas; la única diferencia es que nuestros procedimientos están escritos en español y los datos que figuran son los propios de cada reactor. Por lo demás, son idénticos.

#### **Ayudante de Jefe de Turno (*Shift Technical Advisor, STA*)**

Uno de los problemas de TMI-2, fue que los operadores no tenían la formación básica adecuada, en vez de ser técnicos de grado medio, como en España, eran bachilleres que habían recibido cursos especiales de entrenamiento en la propia empresa eléctrica; muchos de ellos procedían de la U.S. Navy, donde habían servido como especialistas. Esta era una deficiencia general que afectaba a todas las centrales nucleares norteamericanas y la resolvieron añadiendo la figura del STA, que tenía que ser un técnico de grado medio.

Nosotros argumentamos a nuestro Organismo Regulador (CSN) que, en nuestro caso, tanto el operador de reactor como el jefe de turno eran técnicos de grado medio, por lo tanto, con una cualificación básica muy superior a la de EE.UU. Sin embargo, el Organismo Regulador optó por requerir la figura adicional del STA, o ayudante de jefes de turno, con la cualificación de técnico de grado medio y su correspondiente licencia.

## **LA INDUSTRIA NUCLEAR TRAS TMI-2**

El accidente de TMI-2 supuso un cambio drástico en la industria nuclear occidental. Estados Unidos es uno de los pocos países que puede ser autosuficiente en materia nuclear; sin embargo, tras TMI-2, se abrió aún más al mundo.

### **WOG: Westinghouse Owners Group**

Tengo el privilegio de haber participado en el Grupo de Propietarios de Westinghouse, prácticamente desde el comienzo. Esto fue posible gracias a Cordell Reed, presidente del WOG en el momento en que las centrales nucleares españolas solicitamos el ingreso. Podemos decir que Cordell Reed es el Obama nuclear; es una institución en la industria nuclear americana y ha llegado a ser Vice- Chairman de la Commonwealth Edison.

El WOG lo crearon las empresas eléctricas americanas para responder de manera conjunta a la avalancha de requerimientos que venían de la NRC. Admitieron a las centrales nucleares extranjeras, dándoles voz pero no voto, para que con el voto no se bloqueasen alguno de los gastos que se tenían que realizar para contestar a la NRC; por eso se contribuía a los gastos con media acción. En el WOG estábamos las centrales nucleares españolas de agua a presión; los suecos, los belgas, brasileños y japoneses, si mal no recuerdo.

El WOG tenía varios grupos de trabajo, que se reunían frecuentemente, y mantenía una sesión plenaria que, en los momentos álgidos, tenía carácter trimestral. Como nosotros no podíamos viajar tanto, decidimos asistir a las reuniones plenarias, ya que era imposible estar en todos los grupos de trabajo.

Como era un auténtico privilegio poder asistir a las reuniones plenarias del WOG, delegué esta actividad en las personas que dependían de mí y así fueron yendo Pedro Carboneras Martínez, Manolo de la Vega Churruca y José María Bernaldo de Quirós, que es el actual Jefe de la Central Nuclear de Almaraz.

### **INPO: INSTITUTE FOR NUCLEAR POWER OPERATION**

La industria nuclear americana llegó a la conclusión de que no se podía repetir de nuevo un accidente como el de TMI-2, porque significaría el fin de toda la industria. Para evitar que esto volviera a suceder, llegaron a la conclusión de que lo mejor es que se hicieran auditorías internas entre las propias centrales nucleares, de experto a experto. Es como si los expertos financieros del BBVA auditasen las cuentas de los expertos financieros del Santander; una auditoría distinta e independiente de la del Banco de España.

Desde el primer momento los españoles entramos en el INPO, y nos aceptaron. El primer ingeniero residente español en Atlanta (INPO) fue Santiago San Antonio (Tecnatom), luego Manolo Ibáñez (UNESA) y, posteriormente, Vicente Verdú Bañols (C.N. Almaraz).

### **WANO**

Es una organización similar a la del INPO, pero con carácter mundial (la W es de World). También desde el primer momento los españoles nos hemos preocupado de estar en el WANO. Esta organización tiene su sede en París y Luis Leopoldo Antolín fue uno de los ingenieros españoles residentes. Actualmente, Ignacio Araluce Letamendía es el director del WANO en Europa, y acaba de renovar su mandato por

un periodo adicional de dos años, lo que constituye un hecho excepcional. Araluce fue el anterior jefe de la Central Nuclear de Almaraz.

### **NUCLEAR ENERGY INSTITUTE (NEI)**

Es un instituto creado en Estados Unidos dedicado al desarrollo de la energía nuclear. Desde su creación, los técnicos españoles hemos tenido acceso a toda su información que, cuando no es pública, requiere una clave. Entre la información que entrego a los JJ.NN. en soporte digital, incluyo algunas presentaciones extraídas de las páginas públicas del NEI.

### **DOS ENFOQUES DISTINTOS**

Hay, por tanto, dos enfoques distintos. El del mundo occidental, liderado por EE.UU. es de INTERDEPENDENCIA. Mientras que el de la URSS era de AUTOSUFICIENCIA; es decir, un mundo cerrado que se quería bastar a sí mismo y en el que el secretismo era la norma de conducta.

La seguridad de nuestras centrales nucleares no descansa sólo en los sistemas de seguridad, ni en el personal que las opera, sino en el hecho de que formamos parte de una economía de libre mercado. Por tanto, podemos acudir a los mejores especialistas del mundo en el campo nuclear, lógicamente pagando sus servicios.

Yo he pasado algunas tardes en la sala de reuniones de la central de Almaraz esperando una llamada de Pittsburgh, porque teníamos algún problema técnico. Parodiando la frase que pronunciaban los astronautas americanos - "*Houston, we have a problem*"-; nosotros decíamos: "*Pittsburgh, we have a problem*", ya que en esta ciudad tiene sus oficinas centrales Westinghouse. Y el diálogo podía ser así: "¿Y qué os pasa ahora?" "Nada, que tenemos un alto caudal en los cierres de una de las bombas principales". Entonces, Dave Sheats, nuestro Project Engineer, nos decía: "Pues esperad media hora que tendremos una conversación a tres bandas con el especialista en bombas principales". Por eso, afirmo que la seguridad de las centrales nucleares españolas no descansa sólo en sus sistemas de seguridad, ni en la organización que las explota, sino en la industria nuclear que las respalda, especialmente el suministrador principal (Westinghouse, en nuestro caso), la ingeniería (Empresarios Agrupados), el fabricante de combustible (Enusa) y Tecnatom, como empresa que entrena a los operadores y realiza la inspección en servicio, más un largo etcétera de empresas especialistas.

Como acabo de decir, la clave está en que formamos parte de un sistema de libre mercado; esta es la red que protege a nuestras centrales nucleares. Lo importante de la red es que esté muy mallada, como la red eléctrica; ya que, si falla un nudo – por ejemplo un suministrador – que siempre tengas la posibilidad de acudir a otro (Siemens, Framatome (Areva), General Electric, etc).

### **CONÓCETE A TI MISMO**

En el templo de Delfos estaba inscrita la frase "Conócete a ti mismo". Se dice que esta frase encierra toda la sabiduría antigua. Yo la interpreto como que cada uno debe conocer sus limitaciones y posibilidades, sus puntos fuertes y débiles. Lo que es

aplicable a una persona, también lo es para un pueblo en general. Nosotros, como pueblo, debemos conocer nuestras virtudes y defectos. Como país occidental, uno de nuestros puntos fuertes es la Separación de Poderes; ahí reside nuestra fortaleza, si bien la separación de poderes que hemos alcanzado es más bien escasa y está en permanente amenazada. Pero, además de conocer nuestros puntos fuertes, tenemos que descubrir nuestros puntos débiles. Quien mejor los ha puesto de manifiesto es un ruso, Alexander Solzhenitsyn, en un discurso que pronunció en la universidad de Harvard el 8 de junio de 1978, con motivo de la graduación anual. Solzhenitsyn considera que los occidentales carecemos de valor, del coraje que es necesario para defender aquello en lo que creemos, aun a riesgo de nuestra vida. Nos hemos adocenado, y nos hemos acostumbrado a vivir entre almohadones dentro del Estado del Bienestar, que nos protege y nos domina. Nadie puede poner en duda que Solzhenitsyn es contrario a todo socialismo; pero nos advierte que el modelo de vida occidental no se lo recomendaría a sus conciudadanos rusos. Según Alexander, ellos, dentro de la adversidad, han acrisolado un conjunto de virtudes humanas de las que carecemos los occidentales. Creo que el discurso del Solzhenitsyn es una lectura obligada, razón por la cual lo he traducido directamente del inglés y lo he incorporado a la documentación que les entrego.

## **CULTURA DE SEGURIDAD**

Quiero cerrar esta conferencia hablando de Cultura de Seguridad, un concepto que en España está mal entendido y del que se ha abusado.

Hay que distinguir entre LICENCIAMIENTO y SEGURIDAD. Para ello voy a recurrir a una experiencia que han tenido todos ustedes, ya que todos ustedes han sido estudiantes. Una cosa es saberse la asignatura y otra, aprobar un examen. Todos sabemos que es posible aprobar una asignatura, sin dominarla completamente, basta con aprenderse los temas preferidos por el profesor. En eso, los estudiantes son unos lince. Licenciamiento es pasar un examen. Seguridad es saberse la asignatura. Hay que saberse la asignatura de arriba abajo, incluso la letra pequeña. Eso es Seguridad. Por eso, yo decía a mi gente que nosotros íbamos a sabernos la asignatura. Raro sería que, sabiéndose la asignatura, no aprobáramos el examen, aunque pudiera suceder que no nos dieran nota, ni sacáramos sobresaliente. Pero nosotros no íbamos a sacar nota, sino a sabernos la asignatura. Para ejercer cualquiera profesión es necesario tener un título y, por tanto, haber pasado los exámenes. Pero para ser un buen profesional se necesita, además, saberse bien la asignatura, dominarla teórica y prácticamente.

Al Consejo de Seguridad Nuclear le gusta, de cuando en cuando, reunir a los presidentes de las Empresas Eléctricas para hablarles del comportamiento de sus organizaciones. Puede ser que, tras una de estas reuniones, el presidente se vaya ufano, porque le han dicho que su organización hace todo lo que el CSN le pide. Y yo, que soy perro viejo, le preguntaría: ¿Y lo que no le piden, lo hace también? Porque si una organización hace lo que le pida el CSN y sólo lo que le pida; estamos ante una organización reactiva, cuando hay que ser una organización proactiva, que haga lo que tiene que hacer, se lo pidan o no, simplemente porque es su responsabilidad.

En una central nuclear hay muchas acciones que se deben acometer para garantizar su seguridad, sin que el Organismo Regulador las conozca o repare en ellas. Esto es inevitable porque el Organismo Regulador no puede estar presente en todas partes.

Puede que alguno de ustedes crea que desprecio la labor del Organismo Regulador: se equivocan, aprecio su labor en grado sumo. Las normas y guías de seguridad que edita el Organismo Regulador son como las señales de tráfico de una carretera, que nos ayudan a la conducción. ¿Pero de qué sirve tener una carretera perfectamente señalizada, si el conductor conduce distraído hablando por el móvil? No podemos tener a un guardia civil de tráfico sentado de copiloto a nuestro lado. Nosotros somos los conductores y, por tanto, somos los responsables; esté presente o no la Guardia Civil de Tráfico, esté presente o no el radar de velocidad.

En mi opinión esto es cultura de seguridad, que en resumidas cuentas es seriedad, rigor y responsabilidad. No es una frase feliz, o una ocurrencia que tuvo un experto de la OIEA el día que se estuvo examinando la actuación de los socialistas soviéticos tras el accidente de Chernobyl y que, a partir de entonces, quedó acuñada en el vocabulario nuclear, tal y como se nos ha dicho en una de estas conferencias.

Cultura de seguridad es la savia que mantiene vivas a las centrales nucleares. Cultura de seguridad es, en resumidas cuentas, responsabilidad. Por eso en nuestros documentos de licencia se designa al explotador como “explotador responsable”. Responsabilidad que siempre ha existido en las centrales nucleares españolas, y que espero que siga existiendo.