

Incidentes operacionales del reactor RP-10 durante el año 2011 y su caracterización de acuerdo con la escala INES

Rolando Arrieta*, Mariano Vela

Departamento de Operación de Reactores, Instituto Peruano de Energía Nuclear,
Avenida Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

En este reporte se presenta la evaluación de los sucesos ocurridos durante el año 2011, en el reactor nuclear RP-10 del Centro Nuclear de Huarangal, desde el punto de vista de la seguridad. Para clasificar estos eventos producidos se emplea la Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos (INES), a fin de facilitar una comprensión común entre la comunidad técnica, los medios de comunicación y el público en general. De los resultados obtenidos podemos afirmar que en el año 2011 todos los eventos referidos a la seguridad se clasifican como “debajo de la escala” o “sin significado para la seguridad”.

Abstract

This report presents the evaluation of the events in 2011 in the RP-10 nuclear reactor of the Nuclear Center Huarangal from the point of view of safety. The Scale International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) were used to classify these produced events, in order to facilitate a common understanding between the technical community, the media and the general public. From the results we can state that all related to security events that occurred in the "RP -10", in 2011 are classified as "below scale" or "no safety significance".

1. Introducción

En el reactor nuclear RP-10 [1] la seguridad ha sido, es y será evaluada en forma permanente [2]. Actualmente, la instalación se encuentra en su fase de explotación y por tanto es posible que se generen sucesos relacionados con su seguridad, los cuales tienen diversos grados de importancia.

En el RP-10 se realiza un amplio espectro de prácticas [3] que deben ser tratadas con criterios de seguridad [4-6], además de cumplir con regulaciones estrictas al respecto [7-9]. Sin embargo, no se puede descartar la ocurrencia de sucesos que pueden causar daño a las personas, medio ambiente o afectar las barreras y controles radiológicos o la defensa en profundidad [10].

Por su parte, en el año 1990 el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE (AEN/OCDE) han elaborado la Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos (INES), para la comunicación de los sucesos relacionados con la operación y funcionamiento de las instalaciones nucleares y los riesgos radiológicos asociados [11].

En este artículo se hace una clasificación de los sucesos ocurridos en el reactor RP-10

durante el año 2011, desde el punto de vista de la seguridad, utilizando la Escala INES [12], a fin de mostrar la importancia que tiene la comunicación abierta de los sucesos, para explicar claramente su trascendencia. Es necesario tener en cuenta que la escala no se aplica a todos los sucesos que se han producido en nuestras instalaciones, quedando al margen la seguridad física o los asociados con la seguridad industrial u otros sucesos que carezcan de importancia para la seguridad nuclear o radiológica (por ejemplo, peligro químico, caída o descarga eléctrica, etc.).

2. Materiales y métodos

Para este trabajo los materiales de estudio son los incidentes operacionales, que son registrados anualmente [13], los cuales son tratados según lo normado en la licencia de operación [14] y cuyo resumen presentamos en la Tabla 1.

Para la clasificación de los sucesos se hace uso del Manual del usuario de INES [12], enfocándonos en las secciones 5 y 6 que nos presentan las orientaciones para clasificación de sucesos basados sobre defensa en profundidad. Los sucesos relacionados con

* Correspondencia autor: rarieta@ipen.gob.pe

las personas y el medio ambiente y con efectos en las barreras y controles radiológicos no se aplican a nuestros casos, porque no se dieron durante el año de análisis. Por la misma razón tampoco se ha tenido en cuenta los incidentes en el transporte.

Tabla 1. Incidentes registrados en el RP-10 durante el año 2011.

Nº	Fecha y hora	Incidente (descripción)	Estado del reactor
1	06/01 12:15	SCRAM por desprendimiento de la barra de seguridad 1	Plena potencia (10 Mw)
2	01/03 11:40	SCRAM por corte de energía eléctrica externa	Plena potencia (20Kw)
3	04/03 13:50	SCRAM por corte de energía eléctrica externa	Plena potencia (20 Kw)
4	05/04 12:53	SCRAM por corte de energía eléctrica externa	Plena potencia (320 Kw)
5	13/05 13:42	SCRAM por mínimo nivel de cuentas en la etapa de arranque tras una baja de potencia.	En etapa de arranque
6	31/07 11:02	SCRAM por disparo por alto nivel sísmico	En etapa de marcha (10Mw)
7	02/09 11:53	SCRAM por alto salto de temperatura en el núcleo	En etapa de marcha (10Mw)
8	02/10 09:18	SCRAM por "alto nivel de tasa de dosis" en boca de tanque	En etapa de arranque
9	18/10 10:25	Se halla discordancia en el núcleo 36 en la permuta de dos elementos combustibles	Reactor detenido
10	07/12 10:47	SCRAM por falla en sistema de reposición (módulo)	Plena potencia (10Mw)

En todos los sucesos se encontraron fallas a las que se tuvieron que aplicar medidas correctivas, a fin de continuar con la operación del reactor (Tabla 2). Esta es la forma como se comunica a la autoridad los incidentes sin consecuencias radiológicas.

Tabla 2. Medidas correctivas adoptadas para los incidentes durante el año 2011.

Nº	Falla encontrada	Medidas correctivas
1	Alteración de componentes: módulo energización electroimanes - disminuye corriente de energización de BS1	- Cambio de módulo respectivo y posterior reparación del fallado - Continúa operación
2	Falla del sistema de alimentación eléctrica. (Caída de la línea de transmisión al Centro Nuclear)	Se da por concluida la operación para continuar al día siguiente
3	Falla del sistema de alimentación eléctrica. (Nueva caída de la línea de transmisión al Centro Nuclear)	Se da por concluida la operación para continuar al día siguiente
4	Falla del sistema de alimentación eléctrica al Centro Nuclear. (Falla recurrente)	Se da por concluida la operación para continuar al día siguiente.
5	No bajar cámaras de arranque para un movimiento en el núcleo por pedido extemporáneo de blancos	- Revisión de procedimientos para bajar potencia. - Continúa operación
6	Sismo suficiente para accionar sistema de seguridad	- Reponer disparos - Continúa operación
7	Mala fijación de los disparos en los módulos convencionales	- Revisión de procedimiento y valores de los disparos - Continúa operación
8	Mala calibración de monitores de área – realizada mediante servicio externo	-Cambio de monitores de boca de tanque y su módulo - Continúa operación
9	No se realizó todos los movimientos al configurar el núcleo 32 y se arrastró la misma hasta la el núcleo 36	Se rectifica la discordancia, se realizan experiencias nuevas y se notifica a OTAN
10	Al reponer una sola cadena, no debía producirse SCRAM, como sucedió ese día	- Pedir a mantenimiento que se respete el procedimiento de intervención - Continúa operación

2.1. Clasificación de los sucesos

Para los sucesos de la tabla 1 ampliaremos la descripción que son complementadas con la tabla 2: con fallas encontradas y medidas correctoras.

SUCESO 1: Disparo del reactor tras la caída de la barra de seguridad N° 1 (BS1).

a) Descripción del suceso

El RP-10 estaba funcionando a 10 MW, en control automático, cuando la BS1 se

desprendió de su acople y cayó por gravedad, inhabilitando el control automático (al no tener tres barras de seguridad en el límite superior) y no pudo ser controlado manualmente al no estar habilitada la lógica de secuencia de movimiento [15], produciéndose un SCRAM total.

La señal involucrada sirve para tener protección ante un evento inusual en la etapa de arranque, pero en este caso actuó como evento iniciante previsto en el diseño del reactor.

b) Clasificación

1) Consecuencias reales. No hubo en el suceso.

2) Frecuencia del iniciador. La caída accidental de las barras de seguridad no demanda una actuación de las funciones de seguridad, y por tanto, no es un iniciador. Por el contrario, el disparo del reactor es un iniciador (categoría de frecuencia – prevista).

3) Operatividad de función de seguridad. La función de seguridad relativa al “control de reactividad” era plena.

4) Clasificación básica. Hubo un iniciador real. Según la Escala INES [12]- sección 5.1.3, la celda A(1) del cuadro 9 es adecuada y la clasificación básica que otorga es “Debajo de la escala / Nivel 0”.

5) Factores adicionales. Sin motivos para aumentar la clasificación.

6) Clasificación final. Debajo de la escala / Nivel 0.

SUCESO 2 (También aplicable a los Sucesos 3 y 4): Pérdida de caudal de refrigeración en el reactor RP-10.

a) Descripción del suceso

El suceso se produjo por corte de energía eléctrica externa, al interrumpirse el suministro por problemas en el sistema de transmisión eléctrico. Es necesario destacar que el RP-10 tiene una gran piscina de almacenamiento de agua del sistema primario [16]. En caso de pérdida de refrigeración, cualquier calentamiento del agua será extremadamente lento.

b) Clasificación

1) Consecuencias reales. No hubo en el suceso.

2) Consecuencias potenciales máximas: Se debe considerar dos funciones de seguridad; en

primer lugar la refrigeración del combustible, y en segundo lugar el blindaje para evitar dosis elevadas a los trabajadores. Para ambas funciones de seguridad, por el inventario del RP-10, las consecuencias potenciales máximas no pueden rebasar el nivel 4, por lo que el máximo nivel en función de la defensa en profundidad es el nivel 2.

3) Determinación del número de barreras de seguridad. Teniendo en cuenta la función de refrigeración, según el diseño las barreras de seguridad son el sistema de intercambio de calor y el gran volumen de agua en el tanque del reactor y la pileta auxiliar piscina, haciéndose evidente que la barrera de seguridad principal es el gran volumen de agua que es considerado una barrera de seguridad de gran integridad por:

El aporte de calor es pequeño para el volumen de agua, de manera que cualquier aumento de temperatura será extremadamente lento.

Cualquier reducción del nivel de agua es rápidamente detectada y ese nivel podría reponerse de forma sencilla.

4) Evaluación de la clasificación básica. Según la Escala INES [12], punto 1) de la sección 6.2.3.1, la clasificación que corresponde es: Debajo de la escala / Nivel 0.

5) Factores adicionales. Sin motivos para aumentar la clasificación.

6) Clasificación global: Debajo de la escala, Nivel 0.

SUCESO 5: Disparo del reactor por mínimo nivel de cuentas en la etapa de arranque tras una baja de potencia.

a) Descripción del suceso

Durante el movimiento de las barras para bajar de potencia (luego de operar a 10 MW) y con el fin de poder realizar carga de muestras en posición central: El reactor pasó a la etapa de arranque y se produjo SCRAM debido a una señal de “bajo nivel de cuentas en los canales de arranque” porque no se bajaron las cámaras de fisión para mejorar el nivel de cuentas [15].

b) Clasificación

1) Consecuencias reales. No hubo en el suceso.

2) Frecuencia del iniciador. La señal de bajo nivel de cuentas < 5 es para proteger contra el fallo de instrumentos, pero en este caso actuó

como protección contra fallos de procedimientos. Por eso, se tiene un iniciador real de categoría de frecuencia prevista.

3) Operatividad de función de seguridad relativa al “control de reactividad” era plena.

4) Clasificación básica. Al igual que Suceso 1 la clasificación básica corresponde a: Debajo de la escala, Nivel 0.

5) Factores adicionales. Sin motivos para aumentar la clasificación.

6) Clasificación final. Debajo de la escala, Nivel 0.

SUCESO 6: SCRAM por un sismo de magnitud mayor a 6 en la escala de Mercalli modificada (MM).a) Descripción del suceso.

Durante una operación en modo automático, a una potencia de 10 MW, se sintió un fuerte sismo que fue reportado con una de magnitud 8 MM en su epicentro, activando la lógica de seguridad y se produjo SCRAM debido a la señal sísmica [17] correspondiente a “nivel alto de sismo”.

b) Clasificación

1) Consecuencias reales. No hubo en el suceso.

2) Frecuencia del iniciador. Se produjo un iniciador real, un sismo de gran magnitud. La frecuencia de este iniciador está prevista.

2) Operatividad de función de seguridad. La función de seguridad relativa al “control de reactividad” era plena.

3) Clasificación básica. Al igual que en los sucesos 1 y 5, la clasificación básica: estuvo por Debajo de la escala, Nivel 0.

4) Factores adicionales. Sin motivos para aumentar la clasificación.

5) Clasificación final. Debajo de la escala, Nivel 0.

SUCESO 7: SCRAM por aparente alto salto de temperatura en el núcleo.

a) Descripción del suceso

Durante una operación a la potencia nominal (10 MW) se produjo el disparo de las señales de alto salto de temperatura produciéndose un SCRAM, a pesar de no haber superado el nivel fijado en los límites y condiciones operacionales [17] para el salto de temperatura (7 °C) por un error en el en la fijación de parámetros de los comparadores respectivos que se fijaron en 5 °C [18].

b) Clasificación

1) Consecuencias reales. No hubo en el suceso.

2) Frecuencia del iniciador. Se produjo un iniciador real, los sismos de gran magnitud. La frecuencia de este iniciador está prevista.

3) Operatividad de función de seguridad. La función de seguridad relativa a la “refrigeración del núcleo” era plena.

4) Clasificación básica. Al igual que sucesos 1, 5 y 6 la clasificación básica estuvo por Debajo de la escala, Nivel 0.

5) Factores adicionales. Sin motivos para aumentar la clasificación.

6) Clasificación final. Debajo de la escala, Nivel 0.

SUCESO 8: SCRAM por aparente “alto nivel de tasa de dosis” en boca de tanque.

a) Descripción del suceso

El reactor RP-10 estaba en la etapa de arranque, evolucionando para pasar a marcha, cuando se produjo el disparo de las señales de “alto nivel de tasa de dosis en boca de tanque” [17] produciéndose un SCRAM. En esta caso si bien la acción de seguridad fue la correcta, el error se debió a una incorrecta calibración de los tres monitores de área utilizados en boca de tanque, produciendo una falla de causa común al manipular una estación patrón e introducir errores que llegaron a aumentar las lecturas hasta por un orden de magnitud.

b) Clasificación

1) Consecuencias reales. No hubo en el suceso.

2) Frecuencia del iniciador. Se produjo un iniciador real, aunque fue sobredimensionado por un error de calibración. La frecuencia de este iniciador está prevista.

3) Operatividad de función de seguridad. La relativa a “confinamiento de material radiactivo” era plena.

4) Clasificación básica. Al igual que los sucesos 1, 5, 6 y 7, la clasificación básica que corresponde es: Debajo de la escala, Nivel 0.

5) Factores adicionales. Sin motivos para aumentar la clasificación.

6) Clasificación final. Debajo de la escala, Nivel 0.

SUCESO 9: Hallazgo de discordancia en el Núcleo 36. El elemento combustible con código NN011 es hallado en lugar del elemento combustible con código NN032.

a) Descripción del suceso

En una inspección rutinaria de salvaguardias se encontró una discordancia entre lo informado a la Autoridad Regulatoria y el núcleo que estaba configurado [18]. Este error se produjo durante el armado de la configuración N° 33, donde no se realizaron todos los movimientos planteados, faltando una permuta entre las tres posiciones para optimizar el quemado. Este error fue arrastrado en los núcleos 34, 35 y 36 donde fue detectado. Luego se reconfiguró el núcleo, realizaron pruebas de rutina y se informó a Autoridad Regulatoria para continuar con las operaciones.

b) Clasificación

- 1) Consecuencias reales. No hubo en el suceso.
- 2) Frecuencia del iniciador. No hubo. Los sistemas de seguridad no fueron requeridos.
- 3) Operatividad de la función de seguridad. Las tres funciones de seguridad básicas (Control de reactividad, refrigeración del combustible y confinamiento de material radiactivo) no fueron afectadas.
- 4) Clasificación básica. No hubo iniciador real. Según la sección 5.1.4, la celda A(3) del cuadro 10 es adecuada y da una clasificación básica que corresponde a: Debajo de la escala, Nivel 0.
- 5). Factores adicionales. Sin motivos para aumentar la clasificación.
- 6) Clasificación final. Debajo de la escala, Nivel 0.

SUCESO 10: SCRAM por falla en el sistema de reposición (módulo) o falla de equipo.

a) Descripción del suceso

Al inicio de una operación, al notar un disparo de la lógica de SCRAM y al apretar el botón de reposición se produce un SCRAM total por falla del equipo, al ser esta una acción permitida en cualquier circunstancia.

b) Clasificación

- 1) Consecuencias reales. No hubo en el suceso.
- 2) Frecuencia del iniciador. Si bien el fallo de un equipo es un iniciador, por la forma como se produjo el evento, no se tiene un iniciador real.
- 3) Operatividad de función de seguridad. Las tres funciones de seguridad básicas (Control

de reactividad, refrigeración del combustible y confinamiento de material radiactivo) no fueron afectadas.

4) Clasificación básica. No hubo iniciador real. Al igual que en el caso 9 se da una clasificación básica: Debajo de la escala, Nivel 0.

5) Factores adicionales. Sin motivos para aumentar la clasificación.

6) Clasificación final. Debajo de la escala, Nivel 0.

3. Resultados y Discusión

De la descripción de cada uno de los 10 casos analizados, se infiere que en ninguno de ellos hubo consecuencias reales que afecten a las personas o al medio ambiente. Para considerar sucesos que hayan podido impactar en las barreras y los controles radiológicos, se evaluó las consecuencias potenciales con los criterios de la defensa en profundidad. En los casos 2, 3 y 4 se utilizaron enfoques de consecuencia máxima posible y de número de barreras de seguridad vulneradas. En el resto de casos el enfoque fue desde las perspectivas del suceso iniciador y de la degradación de los elementos de seguridad, ambas válidas para nuestro caso por tener información aplicable.

Al margen de los resultados, los alcances de este trabajo son un inicio para implantar un sistema de información coherente con la práctica internacional y servirá de mucho cuando tenga que informarse sucesos de mayor impacto o ser una guía para otras instalaciones que utilizan la Escala INES.

4. Conclusiones

Los resultados de los 10 sucesos relacionados con la seguridad del reactor RP-10 corresponden a una clasificación: Nivel 0 que significa como “debajo de la escala” o “sin significado para la seguridad”, debido a que, en ningún caso se rebasaron los límites ni las condiciones operacionales, por el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad o fueron resueltos de acuerdo con procedimientos apropiados.

5. Agradecimientos

Al personal de operación del reactor RP-10.

6. Referencias

- [1] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo I: Introducción y descripción general. Dirección de Producción. Lima: IPEN; Agosto 1992. [Informe interno].
- [2] Organismo Internacional de Energía Atómica. Seguridad de las instalaciones nucleares. Colección de Normas de Seguridad 110. Viena: OIEA; 1993.
- [3] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo V: El reactor. Dirección de Producción. Lima: IPEN; Agosto 1992. [Informe interno].
- [4] Organismo Internacional de Energía Atómica. Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte. Colección de Normas de Seguridad GS-R-1. Viena: OIEA; 2004.
- [5] International Atomic Energy Agency. Documentation for use in regulating nuclear facilities. Safety Standards Series GS-G-1.4. , Vienna: IAEA; 2002.
- [6] Organismo Internacional de Energía Atómica. Normas Básicas Internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Colección de Seguridad N° 115. Viena: OIEA; 1997.
- [7] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Seguridad Radiológica. D.S. No. 009-97-EM. Disponible en: http://www.ipen.gob.pe/site/regulacion/leyes_normatividad.htm
- [8] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Protección Física de Instalaciones y Materiales Nucleares. D. S. N° 014-2002-EM. Lima, abril 2002.
- [9] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de autorizaciones, fiscalización, control, infracciones y sanciones de la Ley N° 28028 Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiaciones Ionizantes. 2008. Disponible en URL: http://www.ipen.gob.pe/site/publicaciones/ley_28028/reglamento_ley28028.pdf.
- [10] Organismo Internacional de Energía Atómica. La defensa en profundidad en seguridad nuclear. INSAG-10 Informe del Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear. Viena: OIEA; 1997.
- [11] Organismo Internacional de Energía Atómica. La Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES). Manual del usuario. Edición 2001. Viena: OIEA; 2001.
- [12] Organismo Internacional de Energía Atómica. La Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES). Manual del usuario. Edición 2008. Viena: OIEA; Viena; 2010.
- [13] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Cuaderno de incidentes operacionales del RP-10. Departamento de Operación. Lima: IPEN; 2011. [Informe interno].
- [14] Instituto Peruano de Energía Nuclear, Oficina Técnica de la Autoridad Nacional. Licencia de operación del reactor nuclear RP-10. Julio, 2009.
- [15] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo VIII: Instrumentación y control. Dirección de Producción. Lima: IPEN; Agosto 1992. [Informe interno].
- [16] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo VI: Sistema de refrigeración y sistemas conexos Dirección de Producción. Lima: IPEN; Agosto 1992. [Informe interno].
- [17] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe de Seguridad del reactor RP-10. Capítulo XVII: Límites y condiciones operacionales. Dirección de Producción. Lima: IPEN; Agosto 1992. [Informe interno].
- [18] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Oficina Técnica de la Autoridad Nacional. Memorandum N° 399-11-OTAN. Lima, 20 octubre del 2011. [Comunicación interna].