

Salvaguardias nucleares aplicadas al reactor nuclear de investigación RP-10

Rolando Arrieta*, Alberto Salazar, Agustín Urcia, Roberto Giol, Fernando Ramos, Luis Zapata, Mariano Vela

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

Resumen

En esta publicación se muestra la aplicación del sistema de salvaguardias nucleares, su evolución y estado actual en el reactor nuclear de investigación RP-10, basado en los materiales nucleares que dispone y teniendo en cuenta los objetivos de asegurar que su uso y las actividades nucleares que de ella se deriven sean desarrolladas con fines pacíficos de la energía nuclear, dentro del marco jurídico que tiene como base los diversos tratados internacionales orientados a garantizar la no proliferación de armas nucleares.

Abstract

This publication shows the application of nuclear safeguards system, its evolution and current status in the nuclear research reactor RP-10, based on available nuclear material and taking into account the objectives of ensuring that their use and nuclear activities that this results are developed for peaceful purposes of nuclear energy within the legal framework that is based on the various international treaties aimed at ensuring non-proliferation of nuclear weapons.

1. Introducción

El reactor nuclear RP-10 es una fuente de neutrones que permite desarrollar usos pacíficos de la energía nuclear, como la producción de radioisótopos para uso médico, industrial, investigación y desarrollo, así como para la capacitación y entrenamiento de recursos humanos [1]. Con estos propósitos en el Centro Nuclear RACSO se maneja material nuclear significativo que podría ser desviado para otros usos.

El Perú ha suscrito y ratificado tratados para contribuir a la no proliferación de armas nucleares y el uso exclusivo para fines pacíficos del material y las instalaciones nucleares [2,3]; por consiguiente, se impone la aplicación de un sistema de salvaguardias bajo la responsabilidad del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) mediante un acuerdo bilateral.

Las salvaguardias se utilizan para verificar el cumplimiento del tratado, mediante inspecciones dirigidas por los expertos del OIEA. El tratado fomenta la cooperación e igualdad de acceso a la tecnología nuclear a los Estados signatarios, al tiempo que las salvaguardias evitan la desviación de material fisiónable hacia usos bélicos.

El Instituto Peruano de Energía Nuclear

(IPEN) es el órgano encargado de promover las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y las acciones de control en el país [4]; con esta finalidad, dentro de su estructura fiscalizadora cuenta con la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN) [5], entidad responsable de dar viabilidad al régimen de no proliferación nuclear a nivel nacional (Figura 1). A su vez el Departamento de Normas y Autorizaciones tiene a su cargo la preparación, revisión y aprobación de las normas sobre salvaguardias y protección física de los materiales nucleares; asimismo, el Departamento de Control de Instalaciones y Salvaguardias se encarga de las inspecciones rutinarias y especiales de salvaguardias del material nuclear así como la protección física de las instalaciones y los materiales nucleares.

En el reactor RP-10 se realizan actividades usando material fisible (^{235}U) sujeto a salvaguardias, lo que obliga a contar con un conjunto de medidas para garantizar que no se produzca un desvío del material nuclear para usos no declarados [6]. Estas medidas son obligatorias y requeridas para la licencia de operación a fin de asegurar que las

* Correspondencia autor: rarrieta@ipen.gob.pe

actividades del reactor sean desarrolladas conforme a los fines autorizados y de acuerdo con los objetivos de las salvaguardias nacionales contempladas en el reglamento de salvaguardias [7,8].

En este trabajo se expone la aplicación del sistema de salvaguardias, su evolución y la situación actual en el reactor RP-10.

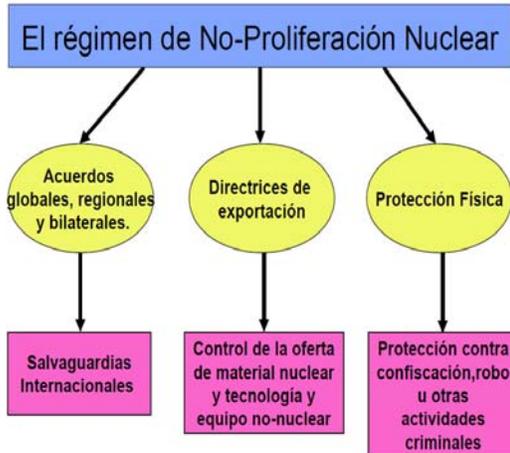


Figura 1. Soporte del régimen de no proliferación nuclear.

2. Desarrollo

Para la aplicación de las salvaguardias en el reactor RP-10 es necesario conocer su evolución en el contexto mundial para luego indicar cómo se ha ido aplicando a nuestra instalación [9].

La evolución de las medidas de salvaguardias tiene tres etapas:

2.1 Etapa 1: Salvaguardias clásicas

Es aplicada directamente por el OIEA, cuyas características principales son:

- Su propósito es impedir la proliferación de armas nucleares.
- Es supervisado por los inspectores del OIEA, en colaboración con especialistas de la OTAN.
- En Latinoamérica y el Caribe las medidas de salvaguardias se aplican en colaboración con la Organización para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina (OPANAL) [3].

El OIEA promueve tres tipos de acuerdos:

- Tipo INFCIRC/66: Empleado para instalaciones o actividades específicas dentro

de un Estado. Estos acuerdos son suscritos también por Estados que no ratificaron el Tratado de no proliferación de armas nucleares (TNP) como la India, Pakistán, Israel entre otros, pero que sí tienen sometidos todos, o parte de sus instalaciones o actividades a las salvaguardias del OIEA.

- Tipo INFCIRC/153[10]: Acuerdo de alcance global incluye dentro de su ámbito de aplicación a todas las instalaciones y actividades de un Estado. Son suscritos por los Estados no poseedores de armas nucleares firmantes del TNP.

- Otros acuerdos, como los de ofrecimiento voluntario son firmados con los Estados poseedores de armas nucleares que son parte del TNP, para la aplicación de las salvaguardias a determinadas instalaciones o actividades de uso civil y el de los Estados que utilizan pequeñas cantidades de materiales nucleares para concertar con el OIEA un Protocolo de Pequeñas Cantidades, que permite dejar sin efecto algunas de las obligaciones derivadas del modelo INFCIRC/153.

2.2 Etapa 2: Protocolo adicional

El descubrimiento de algunos programas encubiertos para proliferación nuclear, adicionados a otros factores geopolíticos, hizo que la comunidad internacional considere conveniente reforzar el sistema de salvaguardias clásicas del OIEA, originando el INFCIRC/540 [11] como un modelo de acuerdo basado en un Protocolo Adicional a los acuerdos de salvaguardias completas de tipo INFCIRC/153. El Protocolo Adicional refuerza el sistema de salvaguardias clásicas mediante:

- Información adicional sobre instalaciones nucleares y sobre actividades relacionadas con el ciclo de combustible nuclear, incluyendo aquellas en las que no se utiliza material nuclear.
- Reforzando el derecho de acceso de los inspectores del OIEA a cualquier lugar dentro de los emplazamientos nucleares y aquellos lugares en los que se desarrollan actividades sujetas a declaración.

La nueva modalidad de acceso de los inspectores del OIEA, denominada “acceso complementario” para distinguirla de las inspecciones de salvaguardias estipuladas en los acuerdos suscritos, los habilita acceder a

cualquier lugar dentro de los emplazamientos nucleares con un preaviso de 24 horas, que queda reducido a 2 horas cuando se solicitan en el curso de una inspección de salvaguardias. El preaviso puede ser inferior si los inspectores del OIEA consideran que es necesario para el cumplimiento de la misión.

2.3 Etapa 3: Salvaguardias integradas

Es la combinación de todas las medidas de salvaguardias que dispone el OIEA para un Estado en particular con el fin de optimizar su aplicación.

Su aplicación permite ampliar la "meta de oportunidad" o plazo de tiempo mínimo, que se considera necesario para la fabricación de armas u otros dispositivos explosivos nucleares con los materiales declarados para uso pacífico, favorece una reducción significativa de la frecuencia de inspección de las instalaciones sometidas a control.

Para que el OIEA asuma la aplicación de salvaguardias integradas en un Estado es requisito imprescindible, la puesta en práctica de un Protocolo Adicional a los acuerdos de salvaguardias [12], además de una evaluación de la información declarada con arreglo a dicho Protocolo.

Sobre la base de la constatación de la ausencia de materiales y actividades no declaradas el OIEA puede redefinir los parámetros de aplicación de las medidas de salvaguardias para reducir la intensidad de inspección, de manera que pueda destinar el grueso de sus recursos hacia otros Estados en donde no se haya podido constatar tal circunstancia.

3. Resultados

La aplicación de las medidas de salvaguardias en el reactor RP-10 se ha realizado e implementado por el plantel de operación, en función de las exigencias de la OTAN y en base a los acuerdos suscritos con el OIEA [13].

3.1 Requerimientos OTAN

Según [11], para su cumplimiento se exigen:

- El material nuclear y las actividades relacionadas con su uso deben cumplir con el reglamento de salvaguardias.
- El movimiento de material nuclear, dentro de la instalación, debe estar registrado.

- Debe llevarse un registro con la cantidad de material nuclear presente en cada área de medición: Almacén de elementos combustibles frescos, núcleo y pileta auxiliar.

- Cada elemento combustible debe tener un registro donde se muestre la fecha de recepción, fechas de movimientos dentro del área de balance y dentro del punto de medición y el quemado.

- Las transferencias de materiales nucleares hacia o desde la instalación, debe ser notificado a la OTAN en un plazo no mayor a 5 días de producida la transferencia.

- Anualmente debe efectuarse un inventario físico del material nuclear, informándose a la OTAN sobre el resultado del mismo.

Todas estas medidas son complementarias con otras disposiciones dispuestas en [14].

3.2 Organización

En base a [10] se constituyó una organización sencilla, con las siguientes características:

- Sistema de contabilidad y control de elementos combustibles de la instalación nuclear: reactor nuclear RP-10.

- Responsable: Jefe del Reactor. Con el soporte de los supervisores y oficiales de radio protección (Figura 2).

- Tipo de material nuclear: Elementos combustibles enriquecidos al 20% en ^{235}U .

- Actividades físicas de control: Recuento e identificación.

- Área de Balance de Materiales (MBA) del reactor RP-10 (Figura 3).

- Puntos clave de medición (KMP) para determinar el flujo de materiales nucleares realizar el inventario físico:

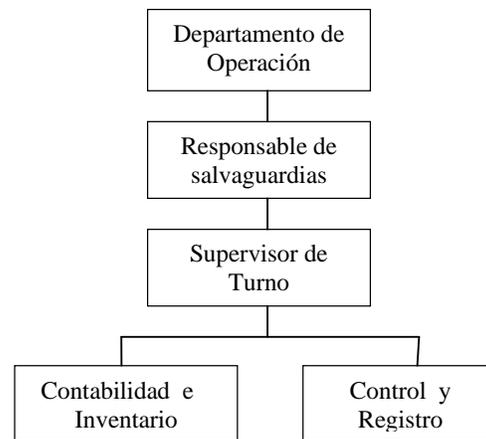


Figura 2. Organigrama de salvaguardias y protección física en el reactor RP-10.

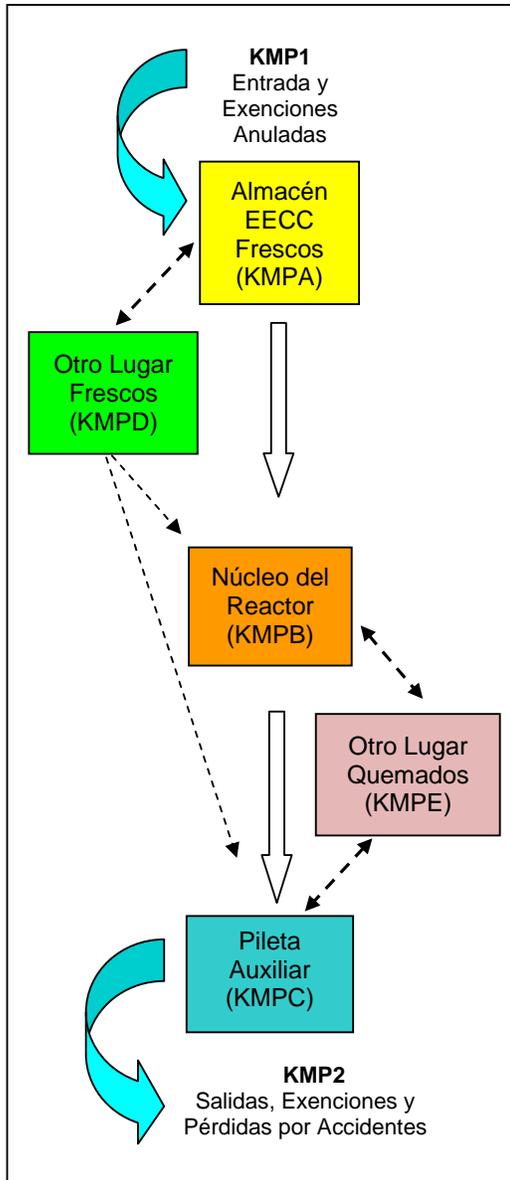


Figura 3. Área de balance de materiales en el reactor RP-10 y sus puntos clave de medición (KMPs).

Dónde:

- KMP1: Entrada al MBA.
- KMP2: Salida al MBA.
- KMPA: Almacén – combustibles frescos (Figura 4).
- KMPB: Núcleo del Reactor (Figura 5).
- KMPC: Pileta Auxiliar – combustibles gastados (Figura 6).
- KMPD: Otros lugares de tránsito – combustibles frescos.
- KMPE: Otros lugares de tránsito - combustibles gastados.

3.3 Medidas aplicadas

Las salvaguardias para el reactor RP-10 se desarrollan con la aplicación de medidas basadas en:

- **Contabilidad y control:** Llevadas a cabo por la Dirección de Reactores bajo fiscalización e inspección de la OTAN con el fin de controlar y registrar la cantidad de material nuclear presente dentro de las instalaciones del reactor RP-10 y su área de influencia y los cambios ocurridos en cada una de las áreas durante el año. Los elementos de la contabilidad incluyen: las áreas de balance de materiales, los registros de contabilidad, los inventarios anuales de material, la emisión de informes con la verificación de la contabilidad del material para la OTAN y el OIEA.

- **Contención y vigilancia:** Se usan los elementos estructurales preconcebidos en las instalaciones (almacén de elementos combustibles frescos, pileta auxiliar, núcleo del reactor), a las que se han añadido puertas blindadas codificadas que permiten el acceso solo si dos personas autorizadas lo requieren (puerta de dos llaves) y cámaras de vigilancia para asegurar la integridad física de las áreas que contienen material nuclear y la continuidad del conocimiento de su estado para evitar el acceso no detectado y la interferencia o manipulación no autorizada del material nuclear.

- **Inventario y registro:** recojo de información *in-situ* por los responsables (Figura 2) de salvaguardias, los mismos que son registrados en libros de acuerdo con procedimientos y dispositivos para asegurar una contabilidad detallada del material nuclear y luego poder remitir informes a la OTAN en los plazos establecidos (un año), los cuales están sujetos a verificación durante las inspecciones periódicas.

3.4 Código de procedimientos

Para sistematizar las medidas se implementó:

3.4.1 Sistemas de registros:

a) Registros contables

- Todos los cambios de inventario: Entradas, envíos, exenciones, etc.
- Resultados del inventario físico.
- Ajustes y correcciones.

b) Registros de operaciones

- Datos utilizados para determinar los cambios en las cantidades y composición de los materiales nucleares.
- Operaciones para preparar y efectuar el inventario físico.
- Medidas adoptadas para averiguar la causa y magnitud de cualquier pérdida accidental o cambio no considerado.

3.4.2 Sistema de informes:

a) Informes contables:

- Informes de cambios de inventarios (ICR) y notas concisas.
- Informe de balance de materiales.
- Informe de inventario físico, anexado al informe anterior.
- Informes especiales conforme al acuerdo y a los arreglos subsidiarios.

Para realizar el inventario físico de los materiales nucleares se considera lo siguiente:

- Frecuencia teórica: 1 año
- Identificación y recuento.
- Elaboración de una lista detallada por cada KMP antes del inventario.
- Idioma: Español.
- Tiempo de conservación de registros: 1 año.

PLANILLA DE UBICACIÓN EN ALMACEN DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES (KMP- A)											
REALIZO :						FECHA :					
15/09/08						15/09/08					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A											
B											
C											
D	A019	A008	A022	A021	A011	A010					
E			A023								
F											
ECN. : 7		ECC. : 0		OF. RADPROT.				Vº Bº RESP. SALVAGUARDIAS			

Figura 4. Lista detallada para el KMPA del Área de Balance de materiales del reactor RP-10.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	TN	NG	CI 01	NG 04	NB 07	CI 02	NB 08	NG 11		
2	NG 05	NB 01	NN 07	NN 11	NN 26	NN 29	NN 31	NB 02		
3		NB 03	NN 17	NC 02	NN 28	NC 06	NN 30	NB 04		CF 03
4	NG 07	CI 03	NN 24	NN 19	NN 05	NN 25	A 08	CI 05	NG 09	
5	NG 06	NB 09	NN 23	NN 22	CI 04	NN 18	A 09	NB 10	NG 14	
6	NG	NB 05	NN 06	NC 07	NN 20	NC 01	A 10	NB 06		
7	NG	NG 27	NN 32	NN 27	NC 08	A 19	NN 21	NG 12		
8	NG	NG 10	NG 08		NG 28		BCF	NG 23		
9	CI 06		NG						CI 07	
10		NG						CF 01		

Figura 5. Esquema representativo del núcleo del reactor: KMPB.

INVENTARIO: PLANILLA DE CANASTOS DE PILETA AUXILIAR (KMP-"C")																																																																																			
<table border="1"> <tr> <td>⊗ A009</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> <tr> <td>⊗ NN010</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> <tr> <td>○</td><td>⊗ NN015</td><td>○</td><td>○</td><td>⊗ NC05</td><td>○</td><td>⊗ NN001</td><td>○</td><td>⊗ NN003</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> <tr> <td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>⊗ NN002</td><td>○</td><td>⊗ NN009</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> <tr> <td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> <tr> <td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td> </tr> </table>										⊗ A009	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	⊗ NN010	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	⊗ NN015	○	○	⊗ NC05	○	⊗ NN001	○	⊗ NN003	○	○	○	○	○	○	○	⊗ NN002	○	⊗ NN009	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	NUCLEO "RP-10" ↑	
⊗ A009	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																								
⊗ NN010	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																								
○	⊗ NN015	○	○	⊗ NC05	○	⊗ NN001	○	⊗ NN003	○	○	○																																																																								
○	○	○	○	⊗ NN002	○	⊗ NN009	○	○	○	○	○																																																																								
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																								
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																								
*SIMIL CANASTO N°01										REALIZO : Alberto Salazar																																																																									
<table border="1"> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> </table>										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	OF. RADPROT Fernando Ramos																							
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
CANASTO N°02										FECHA: 15/09/2008																																																																									
<table border="1"> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> </table>										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Vº Bº RESP. SALVAGUARDIAS																																	
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																																										
CANASTO ELEMENTOS FALLADOS										CELDA CALIENTE																																																																									

Figura 6. Lista detallada para el KMPB: Pileta auxiliar del reactor RP-10.

3.5 Protocolo adicional

Con la firma y ratificación del protocolo adicional por parte del Estado peruano, y bajo fiscalización de la OTAN el reactor RP-10 amplió su sistema de salvaguardias clásicas mediante:

- Información adicional sobre otros aspectos como los relacionados con el ciclo del combustible nuclear, planta de producción de radioisótopos, planta de gestión de residuos radiactivos, celdas calientes, entre otros.

- Permitiendo el acceso de los inspectores OIEA a cualquier lugar dentro del Centro Nuclear.

3.6 *Salvaguardia integral*

La puesta en práctica del Protocolo Adicional junto con las verificaciones derivadas de los acuerdos de salvaguardias clásicas y de otros compromisos ha permitido al OIEA concluir la ausencia de materiales y actividades no declaradas en el Perú (junto a otros nueve países). Sobre la base de esta constatación, el OIEA ha redefinido los parámetros de aplicación de las medidas de salvaguardias y ha reducido su frecuencia de inspecciones al reactor RP-10 a partir del año 2006.

4. Conclusiones

- El sistema de salvaguardias del reactor RP-10 es sencilla, de fácil aplicación y cumple con los requisitos exigidos por la OTAN y no ha tenido observaciones del OIEA.

- La explotación segura del reactor RP-10 está regulada y fiscalizada por la OTAN, teniendo como uno de sus ejes principales las salvaguardias, que junto con la seguridad nuclear, protección radiológica y la protección física garantizan la seguridad de la instalación nuclear.

- La aplicación de medidas de salvaguardias en el reactor RP-10 han ido cambiando en función de la evolución del sistema OIEA e implementado bajo la supervisión y fiscalización de la OTAN.

- Actualmente, en el Perú aplican las salvaguardias integradas, por lo cual se ha redefinido los parámetros de aplicación de las medidas y reducido la intensidad de las inspecciones del OIEA, manteniéndose las inspecciones de la OTAN.

5. 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. Junio 2008. [Informe interno].

[2] Wikipedia. Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP). Julio 1968. Disponible en:

http://es.wikipedia.org/wiki/Tratado_de_No_Proliferaci%C3%B3n_Nuclear

[3] OPANAL. Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe (Tratado de Tlatelolco). 1969. Disponible en:

<http://www.opanal.org/opanal/Tlatelolco/Tlatelolco-e.htm>

[4] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Ley Orgánica del IPEN. Decreto Legislativo N° 158. Junio 1981.

[5] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de Organización y funciones de la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional. 1977.

[6] 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:

http://www.ipen.gob.pe/site/publicaciones/ley28028/reglamento_ley28028.pdf

[7] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Licencia de operación del reactor nuclear RP-10. Oficina Técnica de la Autoridad Nacional; julio 2009. [Informe interno].

[8] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Reglamento de salvaguardias de materiales nucleares. Oficina Técnica de la Autoridad Nacional; 1983. [Informe interno].

[9] International Atomic Energy Agency. The evolution of IAEA safeguards. International Nuclear Verification Series N° 2. Vienna: IAEA; 1998.

[10] International Atomic Energy Agency. The Structure and content of agreements between the Agency and States Required in connection with the treaty on the non-proliferation of nuclear weapons. INFCIRC/153 (corrected). Vienna: IAEA; 1972.

[11] International Atomic Energy Agency. Model protocol additional to the agreement(s) between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the application of safeguards. INFCIRC/540. Vienna: IAEA; 1997.

[12] International Atomic Energy Agency. Conferencia General. Resolución: GC (50)/RES/14. Vienna: IAEA; 2006.

[13] International Atomic Energy Agency. Protocol Additional to the Agreement between the Republic of Peru and the International Atomic Energy Agency for the

Application of Safeguards in Connection with the Treaty for the Prohibition of Nuclear Weapons in Latin America and the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons.

INFCIRC/273. IAEA Vienna; 1978.

[14] Instituto Peruano de Energía Nuclear. Plan de protección física del reactor nuclear RP-10. Dirección de Producción. Lima: IPEN. Julio 2008. [Informe interno].