

# OPERACIÓN Y USOS DEL REACTOR RP-10

Anaya, O.<sup>(1)</sup> [oanaya@ipen.gob.pe](mailto: oanaya@ipen.gob.pe); Arrieta, R.<sup>(1)</sup> [rarieta@ipen.gob.pe](mailto: rarieta@ipen.gob.pe);  
Castillo, W.<sup>(1)</sup> [wcastillo@ipen.gob.pe](mailto: wcastillo@ipen.gob.pe); Villanueva, J.<sup>(1)</sup> [jvillanueva@ipen.gob.pe](mailto: jvillanueva@ipen.gob.pe);  
Urcia, A.<sup>(1)</sup> [aurcia@ipen.gob.pe](mailto: aurcia@ipen.gob.pe)

(1) Dirección General de Instalaciones, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Lima (Perú)

## RESUMEN

El Reactor Peruano de Potencia 10 (RP-10), es un reactor nuclear para investigación y producción de radioisótopos, tipo piscina, de 10 MW de potencia térmica, con elementos combustibles MTR de  $U_3O_8$  enriquecido al 20% en U-235. La función principal de estos reactores, es generar neutrones mediante la fisión del U-235, para ser utilizados en la generación de materiales radiactivos (exposición de un material al haz de neutrones), en las diversas facilidades internas y/o externas que cuenta el reactor. Durante los últimos años, el reactor RP-10 ha operado a un régimen entre 7 a 10 MW de potencia durante 10 - 16 horas semanales para: producir radioisótopos como el  $Tc^{99m}$ ,  $I^{131}$ ,  $Ir^{192}$  y  $Sm^{153}$ , que en el año 2001 se alcanzó una actividad total de 1642,30 Ci en 383 muestras, irradiándose 810,09 horas. Para experiencias de análisis por activación neutrónica se irradiaron 616 muestras, durante 183,93 horas; para experiencias de evaluación del núcleo del reactor se irradiaron 501 horas y para las experiencias de neutrografía, gamas

instantáneos y difracción se irradiaron 47 muestras durante 114,5 horas. Todas estas experiencias se llevaron a cabo en forma paralela a las operaciones de producción de radioisótopos, con la finalidad de optimizar la utilización del combustible y el ahorro de energía eléctrica.

## OPERACIÓN DEL REACTOR RP-10

La operación de un reactor nuclear consiste en un conjunto de tareas a ejecutarse a fin de cumplir con los límites y condiciones de seguridad establecidos, aprobados por Autoridad Nacional, para garantizar la máxima disponibilidad de las instalaciones y prestar un óptimo, oportuno y eficiente servicio de irradiación. La operación segura también implica realizar el control radiológico del personal que trabaja en las instalaciones, el control ambiental para evitar que los efluentes radiactivos lleguen al público y cumplir con los requerimientos de la Autoridad Nacional Regulatoria.

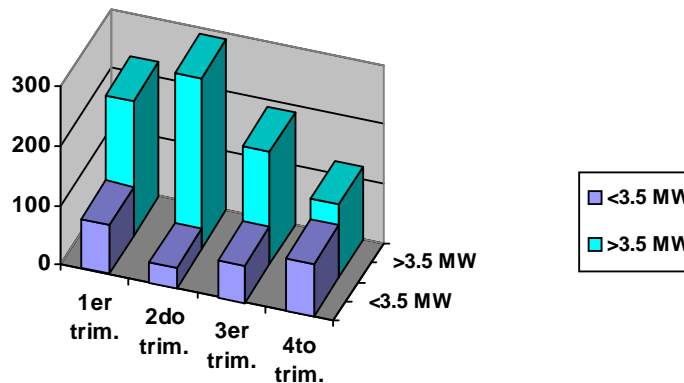
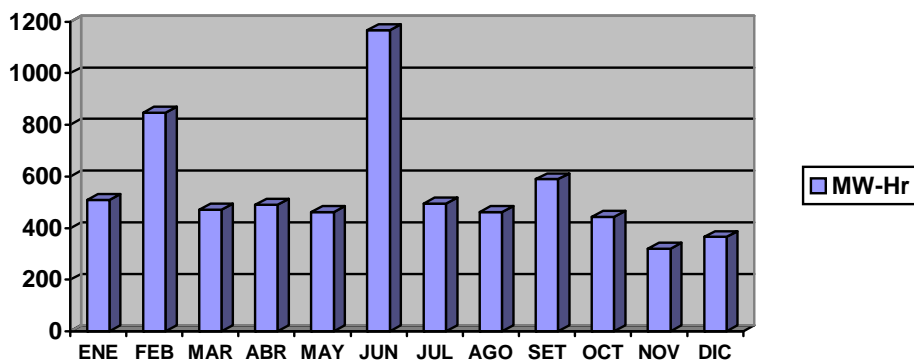


Figura 1. Horas de operación del reactor RP-10 durante el 2001.

**Tabla 1.** Número de operaciones y horas de operación del RP-10.

1998		1999		2000		2001	
Nº de Oper.	Horas	Nº de Oper.	Horas	Nº de Oper.	Horas	Nº de Oper.	Horas
155	839	151	825.91	153	1123.28	152	1095.6



**Figura 2.** Energía generada en el núcleo del RP-10 durante el 2001.

La Seguridad Radiológica cumple una función importante durante la explotación de los reactores nucleares, que consiste en tomar las acciones necesarias para prevenir y controlar la disipación de la contaminación y la sobre exposición radiactiva, a fin de minimizar las consecuencias del personal, público y medio ambiente.

Durante la operación se realizan controles y análisis radiológico del agua y aire dentro de las instalaciones del reactor, con la finalidad de

poder detectar en forma temprana la disipación de efluentes radiactivos. Para ellos se cuenta con instrumentos adecuados como detectores de radiación gamma fijos y que son verificados periódicamente durante la operación, contrastándolos con valores de equipos portátiles. Los equipos portátiles son calibrados por lo menos una vez al año al igual que los monitores fijos. Por otro lado, se lleva un control del personal que accede al área controlada y los objetos que ingresan (como herramientas, equipos etc).

**Tabla 2.** Seguridad radiológica operacional.

Actividad	Unidad	1999	2000	2001
Monitoreo de área (radiación externa)	Interven.	180	158	177
Medición de efluentes gaseosos	Interven.	119	108	205
Medición de efluentes líquidos	Interven.	26	160	168
Monitoreo individual	Interven.	147	106	113
Actualización Doc.	%	100	80	80
Calibración de monitores	Interven.	10	15	45

Como resultado del control realizado por Seguridad Radiológica del Reactor durante la operación del reactor en el 2001, al realizar el análisis del agua del reactor, se encontraron disueltos los materiales radiactivos Mg-27, Ar-41, Na-24 y Al-28, que son los que comúnmente están presentes durante una operación del reactor.

De la dosimetría personal se obtuvo que la dosis colectiva anual para el personal de operación y radioprotección fue de 29,9 mSv.h; para el personal de mantenimiento fue de 11,05 mSv.h

y para el personal experimental fue de 4,8 mSv.h; los cuales se encuentran por debajo de los límites establecidos por la Autoridad Nacional.

De las mediciones realizadas a los efluentes líquidos del reactor, se encontraron solo fondo natural por lo se descargaron como desecho convencional, un volumen de 305 m<sup>3</sup>.

Durante la explotación de un reactor nuclear es necesario coordinar e implementar un Plan de Emergencias Radiológicas y realizar

periódicamente difusión del Plan y simulacros con la finalidad de mantener al personal siempre capacitado y en condiciones de actuar para el caso de accidente.

La Autoridad Nacional es el ente que controla y supervisa el funcionamiento seguro de los reactores y que la operación se lleve a cabo en forma segura y dentro de las normas y especificaciones técnicas establecidas y que el uso de los materiales nucleares (combustibles) sea para fines pacíficos.

Debido a que el reactor es una instalación de características muy especiales por la tecnología de avanzada que se maneja, el personal que opere esta instalación deberá poseer una Licencia que la otorga la Autoridad Nacional a través de la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN), previo requisito de aprobación de una serie de exámenes como el de conocimiento, psicofísico y el médico. Para renovar las licencias es necesario que el personal se reentrene ya sea en forma personal o a través de charlas o cursos de capacitación.

La Autoridad Nacional, realiza periódicamente una serie de inspección a las instalaciones del reactor, para verificar el cumplimiento de las normas de seguridad y de las especificaciones de operación. Durante el 2001 la OTAN ha

realizado 24 inspecciones. Adicionalmente a esto, la misma OTAN realiza al Reactor las inspecciones de salvaguardia para verificar el adecuado uso de los materiales físi les y fisionables, el adecuado almacenamiento y control de movimiento.

## USOS DEL REACTOR RP-10

### Producción de Radioisótopos

En el reactor RP-10 se producen los radioisótopos utilizados en medicina, como el I-131, Tc-99m, Sm-153 e Ir-192 en alambre y para aplicaciones en la industria, el Ir-192 principalmente para el mercado nacional. El ciclo de producción de los radioisótopos se inicia con la preparación de muestras, colocación de éstas en las posiciones de irradiación dentro del núcleo en las facilidades de irradiación del reactor, la irradiación (exposición al haz de neutrones) de estas muestras o blancos (materiales a ser activados). Este material radiactivo es enviado a la Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) quienes se encargarán de procesar y dosificar los radioisótopos para ser distribuirlos de acuerdo a los requerimientos de los usuarios.

**Tabla 3.** Muestras irradiadas para producir radioisótopos.

<i>Reactor RP-10</i>	<i>1997</i>	<i>1998</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>
Potencia de operación	10 MW	10 MW	10 MW – 6,5 MW	6,5 – 10 MW	7 – 10 Mw
Horas de Irradiación	781,28	631,27	721,24	801,61	810,09
Nº Muestras de TeO <sub>2</sub>	57	63	103	65	81
Nº Muestras de Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	39	48	25	23
Nº Muestras de MoO <sub>3</sub>	304	271	306	271	265
Nº Muestras de Ir			10	12	12
Total Muestras Irradiad.	401	373	467	373	381

**Tabla 4.** Producción de radioisótopos en el reactor RP-10 en el 2001.

<i>MES</i>	<i>ENE</i>	<i>FEB</i>	<i>MAR</i>	<i>ABR</i>	<i>MAY</i>	<i>JUN</i>	<i>JUL</i>	<i>AGO</i>	<i>SET</i>	<i>OCT</i>	<i>NOV</i>	<i>DIC</i>
I-131	7,935	9,581	10,324	7,284	8,937	9,884	9,704	7,889	10,951	12,445	8,615	6,884
Tc-99m	60,541	59,61	63,715	53,972	62,209	58,798	59,738	61,073	60,030	67,307	61,519	68,755
Sm-153	0,86	1,03		0,3	0,34	0,4	0,710	0,205	0,54	0,95	0,19	0,47
Ir-192		34	25	29	116,150	0,45	64	177	112	127	82	22
TOTAL	69,336	104,221	99,039	90,556	187,636	69,532	134,152	246,167	183,521	207,702	152,324	98,109

### Medición de los parámetros nucleares del reactor

Las experiencias de medición de parámetros de un reactor nuclear son importantes, porque nos permite conocer y cuantificar en

todo momento la calidad de los flujos neutrónicos y la cantidad de material combustible quemado y el material combustible restante.

En el RP-10, se realizan estas experiencias en forma periódica a diversas potencias, para verificar el quemado de los combustibles, la distribución del flujo neutrónico en el núcleo, el

flujo neutrónico en las posiciones de irradiación y las otras facilidades de irradiación, las mediciones de los parámetros de seguridad y la calibración termohidráulica del reactor.

En la tabla 5 se muestran las horas utilizadas para experiencias de medición de parámetros en el reactor:

**Tabla 5.** Tiempo utilizado en experiencias en los reactores.

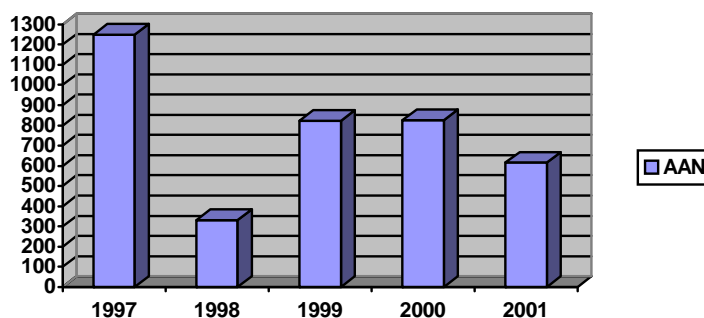
<b>Reactor</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>
RP-10	80,8	121	208	200	501,4

### Investigación de análisis por activación neutrónica

La investigación teórica y aplicada es una de las principales actividades para el cual fue diseñado el RP10 y que coadyuvan a solucionar problemas en algunos sectores importantes del país. La técnica de Análisis por Activación Neutrónica permite realizar el

análisis multielemental de muestras y pueden ser aplicados en diversas actividades del quehacer nacional (minería, arqueología, industria, ambientales, etc.).

Las irradiaciones de las muestras para realizar el Análisis por Activación Neutrónica se llevan a cabo principalmente en los sistemas neumáticos de envío de muestra del reactor RP10.



**Figura 3.** Número muestras irradiadas en el reactor RP-10.

### CONCLUSIONES

Con este esquema de operación del reactor, se cubren las necesidades de material radiactivo que requiere el país y alcanza para algunas exportaciones de radioisótopos que solicitan algunos países. Por otro lado, se han venido realizando esfuerzos para lograr el máximo de ahorro de consumo de energía eléctrica, mejorando los modos de operación del reactor. Adicionalmente se ha trabajado en la optimización la actividad de los radioisótopos y el consumo del combustible nuclear, programando los turnos de operación los fines de semana, principalmente los días sábados.

### REFERENCIAS

- [1]. Libro de Actividades del Reactor RP-10 (1997,1998, 1999, 2000, 2001).
- [2]. File de Experiencias en el RP-10 (1997 – 2001).
- [3]. File de Producción de Radioisótopos (2001).