

LABORATORIO PARA DOSIMETRÍA NEUTRÓNICA

Se describe brevemente el laboratorio para dosimetría neutrónica instalado en el Departamento de Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid, el primero en su género existente en España. Se indican algunas características básicas del mismo y los objetivos perseguidos al crearlo



Eduardo Gallego

Profesor Titular de la UPM,
Departamento de Ingeniería Nuclear, Escuela
Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Tenured Professor of the Universidad Politécnica
de Madrid, Department of Nuclear Engineering,
Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Industriales.

Co-autores:

**A. Lorente, F. Martín-Fuentes,
F. Pérez, J. Sánchez.**

Departamento de Ingeniería Nuclear,
Universidad Politécnica de Madrid.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Industriales

El Departamento de Ingeniería Nuclear de la ETSII-UPM (DIN-UPM) participa desde hace dos años, junto al CIEMAT, la Universidad de Valladolid y el Hospital "Río Hortega" de Valladolid, en el Proyecto de I+D del Consejo de Seguridad Nuclear sobre "Dosimetría de Neutrones", cuyo objetivo principal es el desarrollo de capacidad de medida con métodos activos y pasivos diversos para la dosimetría de neutrones.

Para lograr dicho objetivo resultaba imprescindible contar con un laboratorio en el que poder ensayar y calibrar distintos métodos e instrumentos dosimétricos que se están desarrollando y probando en el Proyecto. Dicho Laboratorio se ha ubicado en el DIN-UPM, que ya contaba con instalaciones y medios para el estudio neutrónico desde su creación hace más de treinta años, y que han sido renovadas por la ETSII recientemente. Por otro lado el laboratorio viene a cubrir una importante carencia de este tipo de instalaciones existente en nuestro país.

En principio, para toda calibración, los dispositivos de medida son colocados, bajo condiciones controladas, en un campo neutrónico de referencia para el que la magnitud a medir sea bien conocida. Las magnitudes de interés son, para los monitores de área y los dosímetros individuales, respectivamente, los *equivalentes de dosis* ambiental

$H^*(10)$ y personal $H_p(10)$; en este último caso considerando también la dependencia direccional. Ambas se relacionan con la distribución en energías de la fluencia de neutrones, como magnitud física básica, a través de los factores de conversión *fluencia-equivalente de dosis*, recomendados por la ICRP y la ICRU (publicaciones ICRP 74 / ICRU 57).

Las irradiaciones se efectúan buscando condiciones similares a las empleadas en laboratorios de calibración, que están claramente especificadas en la norma ISO 8529. Se están tomando como referencia las instalaciones del IRSN en Cadarache (Francia) y del PTB en Braunschweig (Alemania).

De las fuentes de neutrones de referencia recomendadas por la citada norma, se están utilizando las fuentes isotópicas de $^{241}\text{Am-Be}$ (el laboratorio ya dispone de dos fuentes de 77 y 111 GBq, respectivamente), y posteriormente se estudiará la posibilidad de adquirir una fuente de ^{252}Cf , y de ^{252}Cf moderado con D_2O (una esfera de diámetro 30 cm cubierta con una capa de 1 mm de Cd), que permiten aproximar más el campo neutrónico a los existentes en las centrales nucleares de agua ligera, con una significativa componente térmica.

La fuente se neutrones se aloja en un contenedor con blindaje de acero y agua, acoplado directamente a un sistema neumático para

NEUTRON DOSIMETRY LABORATORY

The Neutron Dosimetry Laboratory installed in the Nuclear Engineering Department of the Polytechnic University of Madrid is briefly described. It is the first Spanish laboratory of this kind. Some basic characteristics and the objectives pursued after its creation are indicated.

Coauthors:

**A. Lorente, F. Martín-Fuentes,
F. Pérez, J. Sánchez.**

Department of Nuclear Engineering,
Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Industriales

The Department of Nuclear Engineering of the ETSII-UPM (DIN-UPM) has, for the last two years, been participating, together with CIEMAT, the University of Valladolid and the "Río Hortega" Hospital of Valladolid, in the Consejo de Seguridad Nuclear's R&D Project on Neutron Dosimetry, the main objective of which is to develop a measurement capability with different active and passive means for neutronic dosimetry.

To achieve this objective, it is essential to have a laboratory in which the different dosimetric methods and instruments being developed and tested for the Project can be checked and calibrated. This Laboratory has been located in the DIN-UPM, which already had facilities and resources for neutronic studies since it was created more than twenty years ago and that have recently been renovated by the ETSII. On the other hand, the laboratory helps to make up for a significant shortage of this type of facility in our country.

In principle, for any calibration, the metering devices are placed under controlled conditions in a reference neutronic field for which the magnitude to be measured is well known. For area monitors and individual dosimeters, the magnitudes of interest are, respectively, ambient $H^*(10)$ and personal $H_p(10)$ dose equivalents; in the latter case, the directional dependence is also considered. The two are related with the neutron flux distribution in energy, as a basic physical magnitude, through the flux-equivalent dose conversion factors recommended by the ICRP and the ICRU (publications ICRP 74 / ICRU 57).

Irradiations are provided by establishing conditions similar to those used in calibration laboratories, which are clearly specified in standard ISO 8529. The IRSN facilities in Cadarache (France) and the PTB facilities in Braunschweig (Germany) are being used as reference.

Of the reference neutron sources recommended by this standard, the isotopic sources of $^{241}\text{Am-Be}$ are being used (the laboratory already has two

sources of 77 and 111 GBq, respectively). The possibility of acquiring a ^{252}Cf source, and a ^{252}Cf source moderated with D₂O (a sphere of 30 cm. in diameter covered with a 1 mm. layer of Cd), will be studied later. These would help to bring the neutronic field closer to those existing in light water nuclear power plants, with a significant thermal component.

The neutron source is housed in a container with a steel and water shielding and directly coupled to a pneumatic system for transferring the source between this container and the irradiation bed (see figure). The latter has been designed and built of aluminum, with an upper platform for supporting the monitors or dummy-dosimeter assemblies to be tested. The bed allows for irradiation under optimum conditions; a distance of 3 m. to the ground and a minimum distance of 4.5 m. to walls is maintained, and the position can be regulated with a high resolution – up to 0.1 mm. in horizontal distance and height with respect to the source and up to 1° in angular position.

Now that the installation is completed, work is focusing on detailed characterization of the radiation field existing on the bed by means of Monte-Carlo calculations with code MCNP-4C and the use of different instruments. This is necessary to subsequently be able to establish the differences with real fields in workplaces, which help to explain the response of different dosimeters. The calculation results are shown in the following table, which contains the ambient equivalent dose rate in the bed zone at different distances. The "free field" values refer to an ideal situation in which the source is not surrounded by any structures. As we can see, the contribution of dispersed radiation ranges from 0.15% (at 15 cm. from the source) to 24% (at 2 m., maximum experimental distance), which more than meets the standard's recommendations of not exceeding 40%. This has been possible thanks to the room's large size.

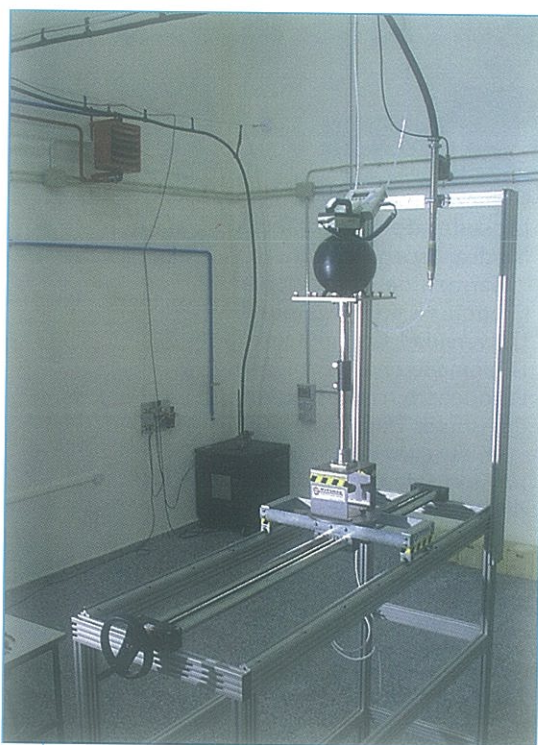
To complete the characterization from the experimental point of view, different equipments from the Laboratory proper and from the groups taking part in the Project have been provided to measure the magnitudes of interest and make the necessary spectrometric determinations.

Acknowledgments

Many thanks to all our partners in Project NEUDOS for their collaboration and to the CSN for their sponsorship.

Ambient equivalent dose rate on the irradiation bed, calculated with MCNP-4C for the 111 GBq source (mSv·h⁻¹ only for neutrons)

Distance to $^{241}\text{Am-Be}$ source	H^* (10) free field	H^* (10) total	% due to dispersed radiation
15 cm	3,34	3,34	0,15
25 cm	1,20	1,21	0,45
35 cm	0,614	0,619	0,82
50 cm	0,301	0,306	1,65
100 cm	0,0756	0,0805	6,43
150 cm	0,0337	0,0384	13,97
200 cm	0,0190	0,0236	24,01



Vista general de la bancada de irradiación, con un detector LB6411 sobre la misma. Al fondo se aprecia el contenedor de almacenamiento de la fuente y el tubo de transferencia neumática.

General view of the irradiation bed with an LB6411 detector on it. The source storage container and pneumatic transfer tube are visible in the background.

la transferencia de la fuente entre dicho contenedor y la bancada de irradiación (ver figura). Ésta se ha diseñado y construido en aluminio, con una plataforma superior para soportar los monitores o conjuntos maniquí-dosímetros a ensayar. La bancada permite una irradiación en condiciones óptimas, manteniendo una distancia de 3 m al suelo y un mínimo de 4,5 m a las paredes, pudiendo regular la posición con gran resolución, de hasta 0,1 mm en distancia horizontal y en altura con respecto a la fuente, y de hasta 1° en posición angular.

Una vez completada la instalación, se está trabajando en la carac-

terización detallada del campo de radiación existente sobre la bancada, mediante cálculos por Monte-Carlo con el código MCNP-4C y el empleo de diferentes instrumentos. Ello es imprescindible para luego poder establecer las diferencias con los campos reales en los lugares de trabajo, que ayuden a explicar la respuesta de los diferentes dosímetros. Los resultados del cálculo se presentan en la tabla adjunta, que expresa la tasa de equivalente de dosis ambiental en la zona de la bancada, a distintas distancias. Los valores "en campo libre" se refieren a una situación ideal en la que la fuente no estuviese rodeada por ninguna estructura. Como se observa, la contribución de la radiación dispersada oscila entre un 0,15 % (a 15 cm de la fuente) y un 24% (a 2 m, punto de máxima distancia experimental), lo que satisface holgadamente las recomendaciones de la norma, de no superar el 40%. Ello es posible gracias a las grandes dimensiones de la sala.

Para completar la caracterización desde el punto de vista experimental, se cuenta con diferentes equipos tanto del propio Laboratorio como de los grupos participantes en el Proyecto con los que poder realizar medidas de las magnitudes de interés junto con las necesarias determinaciones espectrométricas.

Agradecimientos

Sinceramente agradecemos la colaboración de todos nuestros socios del Proyecto NEUDOS y del CSN por su patrocinio.

Tasa de equivalente de dosis ambiental sobre la bancada de irradiación, calculada con MCNP-4C para la fuente de 111 GBq (mSv·h⁻¹ sólo por neutrones)

Distancia a la fuente de $^{241}\text{Am-Be}$	H^* (10) campo libre	H^* (10) total	% debido a la radiación dispersa
15 cm	3,34	3,34	0,15
25 cm	1,20	1,21	0,45
35 cm	0,614	0,619	0,82
50 cm	0,301	0,306	1,65
100 cm	0,0756	0,0805	6,43
150 cm	0,0337	0,0384	13,97
200 cm	0,0190	0,0236	24,01