

APORTACIÓN DE LA INDUSTRIA ELECTRONUCLEAR ESPAÑOLA

CONTRIBUTION OF THE SPANISH ELECTRONUCLEAR INDUSTRY

Domingo Sustacha. Presidente del grupo de PR de UNESA y jefe de Protección Radiológica de la Central Nuclear de Almaraz. / *President of the UNESA RP group and RP director of Almaraz NPP.*

The Spanish nuclear fleet is thirty-five years old and has an accumulated operating experience of more than 200 years. The output of its nine nuclear reactors currently supplies 26% of the electric market, and it has a productive capacity factor greater than 90% and equally outstanding results in radiological protection in line with improvements posted by the world's facilities.

The Spanish nuclear industry, which supplied nearly 85% of the investments in the last plants built, has a presence on international markets.

El parque nuclear español ha cumplido los treinta y cinco años y acumula una experiencia de operación que supera los 200 años. En la actualidad, la producción de sus nueve reactores nucleares abastece el 26% del mercado eléctrico, con un factor de aprovechamiento de su capacidad productiva superior al 90%. Los resultados en lo que se refiere a la protección radiológica son igualmente destacables y están en la línea de mejora registrada en las instalaciones mundiales.

La industria nuclear española que suministró cerca del 85% de la inversión de las últimas centrales construidas, está presente en los mercados internacionales.

97

AN IMPORTANT INDUSTRY

The first Spanish nuclear power plant (José Cabrera) went on line in 1968. This was a successful experience that convinced planners, investors and politicians to design an ambitious nuclear program that included a significant number of projects that were slated to be developed throughout the decade of the 1970s, although in the end its scope was reduced, just as in other countries with similar plans, throughout the 1980s.

During this period of time, and in spite of the different difficulties encountered, the Spanish industry was strongly committed to acquiring capabilities in this technology by undertaking the necessary investments, providing appropriate resources and tailoring their organizations to this end. As a result of these efforts, the capability to supply goods and services to

UNA INDUSTRIA IMPORTANTE

En 1968 se conectaba a la red eléctrica la primera central nuclear española (la central de José Cabrera), experiencia exitosa que convenció a planificadores, inversores y políticos a la hora de diseñar un ambicioso programa nuclear que incluía un número importante de proyectos y que se preveían desarrollar en el transcurso de la década de los años 70 aunque, finalmente, se reduciría su alcance, al igual que en el resto de países con planes similares, a lo largo de los años 80.

Durante este período de tiempo y a pesar de las diferentes vicisitudes acaecidas, la industria española apostó firmemente por capacitarse en esta tecnología, acometiendo las inversiones necesarias, dotándose de recursos apropiados; y adaptando sus organizaciones para este fin. Como resultado de este esfuerzo, la capacidad de suministro de bienes y servicios conforme a las exigencias demandadas en el sector nuclear alcanzaba el 86% del volumen de la inversión de las dos últimas centrales nucleares puestas en servicio en 1987 y 1988, respectivamente, y permitía el posicionamiento

TIPO DE INSTALACIÓN TYPE OF INSTALLATION	POTENCIA INSTALADA EN ESPAÑA INSTALLED POWER IN SPAIN		PRODUCCIÓN POR TIPO DE INSTALACIÓN PRODUCTION BY TYPE OF INSTALLATION
	MW	%	GW.h
RENOVABLES Y RESIDUOS / <i>RENEWABLES AND WASTE</i>	25.616	38,6	59.404
– Hidroeléctrica / <i>Hydroelectric</i>	18.492	27,9	43.770
– Eólica / <i>Wind</i>	6.214	9,4	11.716
– Biomasa y otras / <i>Biomass and others</i>	469	0,7	1.661
– Residuos / <i>Waste</i>	441	0,7	2.257
COGENERACIÓN / COGENERATION	5.997	9,1	32.025
TÉRMICA CLÁSICA / CLASSIC THERMAL	26.770	40,4	108.921
NUCLEAR / NUCLEAR	7.896	12,0	61.894
TOTAL	66.279	100,0	262.244

competitivo en el mercado mundial de suministro de equipos y de servicios de ingeniería e inspección.

En la actualidad, la producción española de energía nucleoelectrica procede de nueve reactores nucleares en explotación (6 Westinghouse, 2 General Electric y 1 Siemens) que están ubicados en siete emplazamientos (Zorita, Garoña, Almaraz, Ascó, Cofrentes, Vandellós y Trillo). Su potencia que suma 7.896 MW, tiene una importancia capital desde el punto de vista de la seguridad, independencia y equilibrio del suministro, pues garantiza la cobertura de hasta un 24% de la demanda al asegurar la disponibilidad de centrales de gran potencia que operan en régimen continuo (operación en base); , estabiliza el mercado eléctrico al amortiguar las oscilaciones de los precios del petróleo y del gas; y al ser una producción limpia a efectos de vertido de gases del efecto invernadero ayuda al cumplimiento de los acuerdos de Kyoto.

Así, las nueve unidades nucleares conectadas a la red y con una potencia instalada de 7.876 MW eléctricos a final del año 2003, (el 12% de la potencia total), contribuyen con el 24% de la producción eléctrica total española

(61.894 millones de kW.h sobre un total de 262.249 millones de kW.h). [1]

UNA INDUSTRIA MADURA

Con más de 200 años reactor de experiencia de explotación, el parque nuclear español se puede considerar que es una industria madura, con unas bases y conocimientos muy sólidos que se reflejan en los resultados obtenidos año tras año.

Aunque, probablemente, la parte más visible de la industria nuclear española sea la que se encarga de la explotación de las centrales nucleares, para lo cual cuenta con organizaciones muy experimentadas y altamente eficaces, esta industria abarca, también, un amplio espectro de otras actividades ligadas a la producción de energía eléctrica de origen nuclear entre las que cabe destacar las siguientes:

- Minería y fabricación de combustible nuclear, con capacidad para competir ventajosamente en los mercados mundiales, actividad realizada por la Empresa Nacional de Uranio (ENUSA).
- Ingenierías con experiencia contrastada no solamente en los

meet the demands of the nuclear sector reached a level of 86% of the investment volume of the last two nuclear power plants commissioned in 1987 and 1988, respectively, and allowed the industry to competitively position itself on the worldwide engineering and inspection equipment and services supply market.

At present, Spanish nuclear electric power production comes from nine operating nuclear reactors (6 Westinghouse, 2 General Electric and 1 Siemens) that are located at seven sites (Zorita, Garoña, Almaraz, Ascó, Cofrentes, Vandellós and Trillo). These plants, with a total power of 7,896 MW, are of capital importance to the security, independence and balance of the supply, as they guarantee coverage of up to 24% of the demand thanks to the availability of powerful plants in continuous operation (base operation), they stabilize the electric market by mitigating gas and oil price fluctuations and, since it is clean production that does not release greenhouse gases, they help to fulfill the Kyoto agreements.

Thus, the nine nuclear units connected to the grid and with an installed electric power of 7,876 MW at the end of 2003 (12% of total power) contribute 24% of the all Spanish electric production (61,894 million kW.h over a total of 262,249 million kW.h). [1]

A MATURE INDUSTRY

With more than 200 reactor-years of operating experience, the Spanish nuclear fleet represents a mature industry with very solid foundations and expertise that are reflected by the results achieved year after year.

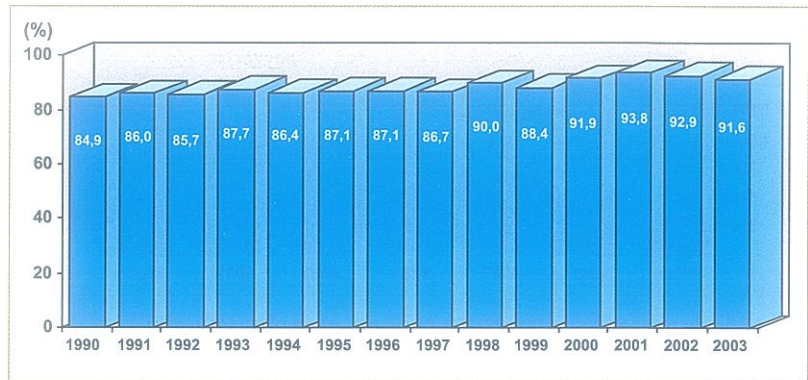
Although the most visible part of the Spanish nuclear industry is probably the one in charge of nuclear power plant operation, for which it has very experienced, efficient organizations, this industry also encompasses a wide range of other activities linked to nuclear electric power production, including the following:

- Nuclear fuel mining and manufacturing, with a capacity to profitably compete on world markets; this activity is carried out by the Empresa Nacional de Uranio (ENUSA).
- Engineering firms with proven experience, not only in Spanish projects but also at the international level with active participation in all areas related to nuclear safety and radiological protection.
- Highly qualified enterprises in areas such as integral training of nuclear technicians (with nuclear power plants full-scope simulators.).
- Service firms with broad capabilities and experience in the different areas related to nuclear power plants operation (Maintenance, Radiological Protection, In-Service Inspection, etc.).
- Highly qualified, prestigious specialized laboratories and research centers.
- Radioactive waste management, including nuclear power plant dismantling, through the Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA).

As a result of the above, the results of the Spanish nuclear fleet rank among the best in the world, and the Spanish nuclear power plants capacity factor, which has been steadily rising and has systematically exceeded 90% in recent years, is 10 percentage points above the mean and 5 percentage points above the average results of the world's nuclear fleet. [1]

TECHNOLOGICAL UPGRADING AND MAINTENANCE

The nuclear industry is fully aware that continuous improvement of its activities and results and technological innovation and upgrading of its facilities are factors essential to proper management of these facilities and to achieving the best results. Therefore, it has decided to make significant investments in very important projects that, on one hand, will make it possible to further boost these good results and, on the other, to keep the facilities in operating and maintenance conditions so



Factor de Disponibilidad de las centrales nucleares españolas.
Spanish NPP Capacity Factor.

proyectos españoles sino participando activamente a nivel internacional en todos los aspectos relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica.

- Empresas altamente cualificadas en aspectos como formación integral de técnicos nucleares (con simuladores de alcance total de las centrales nucleares).
- Empresas de servicios con gran capacidad y experiencia en las más diversas áreas relacionadas con la explotación de centrales nucleares (Mantenimiento, Protección Radiológica, Inspección en Servicio, etc.).
- Laboratorios especializados y centros de investigación altamente cualificados y prestigiosos.
- Gestión de residuos radiactivos, incluido el desmantelamiento de centrales nucleares, a través de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA)

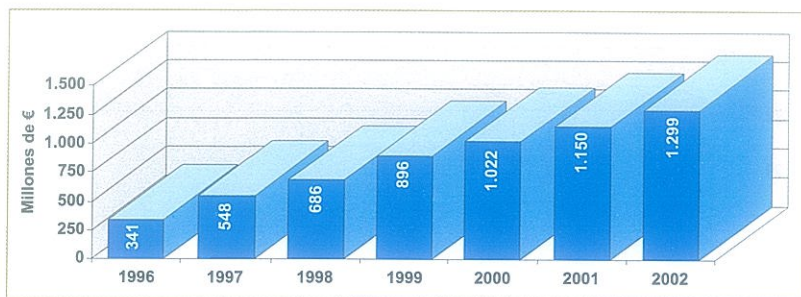
Como consecuencia de todo ello, los resultados del parque nuclear español se sitúan entre los mejores del mundo, y el factor de capacidad de las centrales nucleares españolas, con valores crecientes y superiores al 90% de forma sistemática en los últimos años, se sitúa 10 puntos porcentuales por encima del valor medio y 5 puntos porcentuales por encima de la mediana de los re-

sultados del parque nuclear mundial. [1]

ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO

La industria nuclear tiene plenamente asumido que la mejora continua en sus actividades y resultados y la innovación y actualización tecnológica de sus instalaciones son factores imprescindibles para la adecuada gestión de esas instalaciones y la obtención de los mejores resultados. Para ello ha decidido acometer importantes inversiones en proyectos de gran envergadura que permitirán, por un lado, seguir incrementando esos buenos resultados, y por otra parte, disponer de las instalaciones en un estado de mantenimiento y operación tan exigente como para poder plantear la ampliación de las autorizaciones de funcionamiento vigentes a períodos de vida útil de hasta 60 años. Cabría destacar entre esos proyectos:

- Cambio de grandes componentes de las instalaciones como generadores de vapor, cabeza de la vasija de reactor, alternador y turbinas.
- Mejoras y actualización de la



Inversiones acumuladas de las centrales nucleares españolas (1996-2002).
Accumulated investments in the spanish NPPs (1996-2002).

instrumentación de las centrales.

- Mejoras en los equipos de recarga de combustible para reducción del tiempo requerido para las misma.

- Mejoras en el diseño de combustible, optimizando rendimientos y características estructurales del mismo.

- Alargamiento de vida de centrales nucleares.

- Renovación de plantillas con una adecuada gestión del conocimiento.

gía y experiencia acumulado. Sin embargo, se están tomando medidas para garantizar su mantenimiento en espera de una indudable necesidad de recurrir, nuevamente, a esta tecnología ante un futuro que no se duda sufrirá un importante incremento en la demanda.

RESULTADOS EN LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Los aspectos de Protección Radiológica, están impregnados de las mismas características de eficacia y excelentes resultados que los demás aspectos de la industria nuclear. Y no puede ser de otra forma ya que dentro de la organización para la explotación de las centrales nucleares españolas, al Servicio de Protección Radiológica se le ha dado un peso específico muy importante, para dar respuesta a las demandas de la sociedad y a las exigencias de calidad y excelencia de la industria nuclear de las propias empresas explotadoras, alineadas en esta finalidad con el organismo regulador (CSN). Esto ha permitido la formación en las centrales nucleares españolas de Servicios de Protección Radiológica excelentemente dotados, tanto en medios técnicos como humanos, y unos requisitos de cualificación y una normativa de desarrollo de Protección

excellent that it will be possible to propose an extension of the current operating licenses for effective lifetimes of up to 60 years. These projects include the following:

- Replacement of large components such as steam generators, reactor pressure vessel heads, alternators and turbines.

- Improvement and upgrading of plant instrumentation.

- Improvements in refueling equipment to shorten the time required for refueling.

- Fuel design improvements to optimize fuel performance and structural characteristics.

- Nuclear power plants life extension.

- Staff renovation with adequate knowledge management.

From 1990 to 2003, the installed nuclear power in Spain was increased by 574 MWe through improvements and modifications in the nuclear power plants. [1]

In any event, with operating and maintenance plus fuel budgets of around € 700 million a year and an annual investment of more than € 150 million, the Spanish nuclear fleet is determined to maintain and improve its excellent standards and results, which means it is an important market for the associated industry and an engine for local stability and promotion in the areas where the plants are located.

That fact that a program is still not defined for forthcoming new investments in this technology is currently a matter of concern, as this could undermine the tremendous capital in accumulated experience, expertise and technology. However, measures are being taken to ensure that this technology will be maintained while waiting for the inevitable need to again resort to it in the future, when there will undoubtedly be a significant increase in demand.

RADIOLOGICAL PROTECTION RESULTS

The aspects related to Radiological Protection have shown the same characteristics of efficiency and excellent results as other aspects of the nuclear industry. And this could not be otherwise because, within the organization for operation of the Spanish nuclear power plants, the Radiological Protection Service has been given a very significant specific weight to respond to the demands of society and the requirements of quality and excellence that the nuclear industry demands of

the operating utilities, in line with the regulatory body (CSN). This has led to the formation of Radiological Protection Services that are fully equipped with both technical and human means, as well as to internationally recognized Radiological Protection qualification requirements and development standards.

These organizations have adopted and developed Radiological Protection optimization criteria and have managed to articulate and convey this concern to the entire organization of nuclear power plants. Interdisciplinary ALARA committees have been set up to establish ALARA objectives at the highest level, and to study, propose and execute initiatives and improvements so that Radiological Protection is considered as one more essential aspect of plant operating activity.

The most important efforts have been targeted at the following:

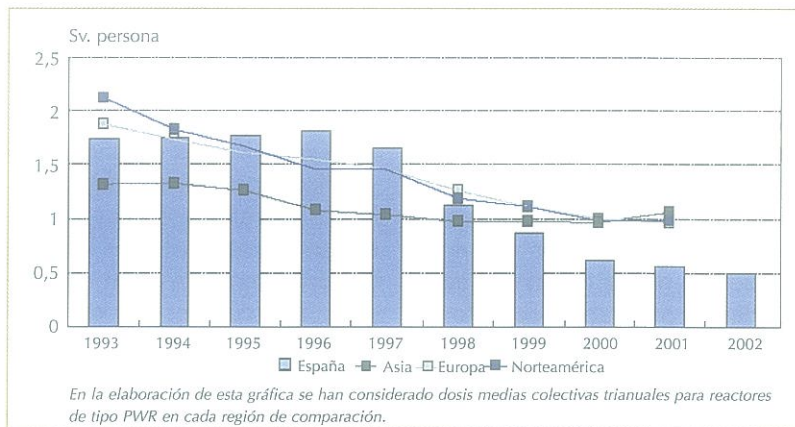
- Awareness and commitment of the whole organization to fulfilling ALARA objectives.
- Source term reduction via decontamination, materials improvement, fuel integrity, improved radiochemistry of the primary circuit, etc.
- Improved management and planning of the refueling activities that support most (>80%) of the total collective dose of nuclear power plants.

And the results are visible: The average collective dose per reactor per year in Spain has followed a downward trend, which has been even more marked after the major modifications made in the late 1990s as shown in the following graphs, which places the plants very high in the worldwide ranking. [2]

The plants have also taken measures over the years to reduce the individual doses through process improvements, robotics and automation of the tasks involving the highest radiological risk, so that conformance with new Spanish regulations in matters of radiological protection, and in turn with European directives, has been possible without causing any trauma in the nuclear sector.

Likewise, as regards radiological protection of the public and the environment, the radioactive effluents from nuclear facilities have also followed a downward trend over time thanks to the improvements made in waste treatment systems and the efforts made to decrease the source term.

The emission results mean the nuclear power plants have values that are perfectly comparable to other E.U. countries and the rest of



Dosis colectiva media (Sv. persona) para reactores de tipo PWR.
Average collective dose (Sv. person) for PWR type reactor.

Radiológica de primera línea a escala internacional.

Estos Servicios han asumido y desarrollado los criterios de optimización de la Protección Radiológica y han conseguido imbuir y transmitir esta preocupación a toda la organización de las centrales. Se han constituido comités ALARA interdisciplinares que establecen objetivos ALARA al más alto nivel, estudian, proponen y ejecutan iniciativas y mejoras desde el punto de vista de Protección Radiológica como un aspecto más de la actividad de explotación de las centrales.

Los esfuerzos más importantes se han dirigido a los siguientes aspectos:

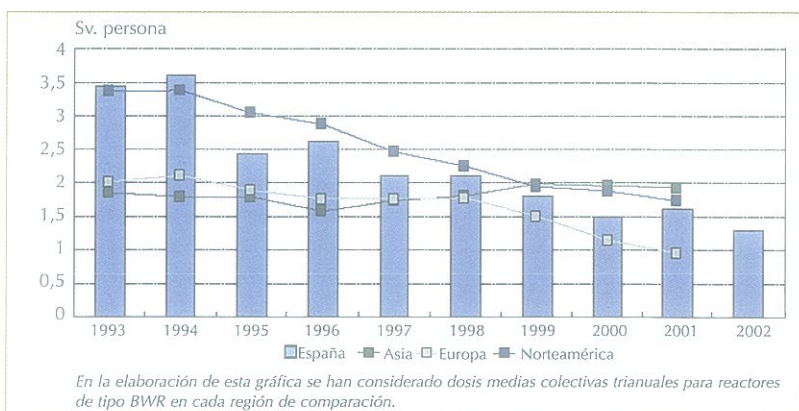
- Mentalización y compromiso de toda la organización en el

cumplimiento de los objetivos ALARA.

- Reducción del término fuente mediante descontaminación, mejora de materiales, integridad del combustible, mejora de la radioquímica del circuito primario, etc.

- Mejora de la gestión y planificación de las actividades de recarga que soportan la mayor parte (>80%) de la dosis colectiva total de las centrales nucleares

Y los frutos se pueden ver: La dosis colectiva media por reactor y año en España ha seguido una tendencia decreciente que se ha visto especialmente acelerada a partir de las importantes modificaciones efectuadas a finales de los años 90, tal como se puede constatar en las graficas siguientes, lo que sitúa a las centrales



Dosis colectiva media (Sv. persona) para reactores de tipo BWR.
Average collective dose (Sv. person) for BWR type reactor.

nucleares españolas en una destacada posición a escala mundial. [2]

Igualmente durante estos años las centrales han tomado medidas en la reducción de las dosis individuales mediante mejoras de procesos y robotización y automatización de las tareas de mayor riesgo radiológico, de tal forma que la adecuación a la nueva normativa española en materia de protección radiológica, adaptación a su vez de las directivas europeas, se ha podido realizar sin ningún tipo de trauma en el sector nuclear.

Es importante hacer mención, igualmente, a la protección radiológica del público y del medio ambiente, para destacar que los efluentes radiactivos procedentes de las instalaciones nucleares también han seguido una tendencia decreciente a lo largo del tiempo merced a las mejoras llevadas a cabo en los sistemas de tratamiento de residuos y a los esfuerzos en la disminución del término fuente.

Los resultados de las emisiones sitúan a las centrales nucleares españolas en valores perfectamente equiparables a otros países de la UE y del resto del mundo, y desde luego muy por debajo de los valores contemplados en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de las instalaciones, que a su vez son inferiores a los límites legales.

PERSPECTIVAS

Actualmente existe en la industria nuclear en general, y en la Protección Radiológica ligada a las instalaciones nucleares en particular, un marco formativo asentado, prácticas consolidadas, y técnicos con amplia experiencia y conocimientos. Se trata, por supuesto, de no perder de

vista las capacidades de mejora aún existentes, pero sobre todo de asegurar lo logrado.

Se ha conseguido que las instalaciones nucleares españolas hayan llegado a la mitad de su ciclo inicial operativo con unos resultados excelentes, incluidos los relacionados con protección radiológica. Los desafíos en el futuro pueden ser diferentes: alargamiento de vida de las centrales con cambios importantes en las mismas, gestión de combustible gastado, desmantelamiento, etc. Lo realizado hasta ahora debe ser la base para que estas actividades se lleven a cabo con el mismo éxito, para lo que es necesario conservar el espíritu y conocimientos que han caracterizado a la industria nuclear española desde sus primeros pasos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Asociación española de la industria eléctrica (UNESA). Avance Estadístico 2003.

[2] Consejo de Seguridad Nuclear. Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado. Año 2002.

• La Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) es una organización profesional de carácter sectorial, para la coordinación, representación, gestión, fomento y defensa de los intereses de las empresas eléctricas asociadas. Para el desarrollo de sus actividades, UNESA se organiza en torno a diferentes Comités de trabajo, uno de los cuales es el Comité de Energía Nuclear.

La Comisión de Protección Radiológica y Residuos Radiactivos, depende del Comité de Energía Nuclear de UNESA, y está constituida entre otros por los responsables de Protección Radiológica de las centrales nucleares, y tiene como función más importante, coordinar y unificar criterios en relación con la Protección Radiológica y la gestión de los residuos radiactivos.

the world and are certainly way below the values laid down in the Technical Operating Specifications of these facilities, which in turn are lower than legal limits.

PROSPECTS

The nuclear industry in general, and Radiological Protection linked to nuclear facilities in particular, has an established training framework, consolidated practices and very skilled, experienced technicians. The goal is naturally not to lose sight of the still existent capacity for improvement, but above all to secure what has already been accomplished.

The Spanish nuclear facilities have managed to reach the halfway point of their initial operating cycles with excellent results, including those related to radiological protection. The challenges in the future may be different: plant lifetime extension with significant plant changes, spent fuel management, dismantling, etc. What has been achieved up to now should be the basis for successfully undertaking these activities, and for this purpose the spirit and know-how that have characterized the Spanish nuclear industry from the very beginning must be preserved.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

[1] Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA). *Statistic Advance* 2003.

[2] Consejo de Seguridad Nuclear. Report of the Consejo de Seguridad Nuclear to Congress and the Senate. Year 2002.

• The Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) is a professional sectorial organization for coordinating, representing, managing, promoting and defending the interests of the associate electric utilities. To develop its activities, UNESA is organized around different working committees, one of which is the Nuclear Energy Committee.

The Radiological Protection and Radioactive Waste Committee reports to UNESA's Nuclear Energy Committee. Its members include the heads of NPP Radiological Protection, and the committee's most important function is to coordinate and unify criteria related to Radiological Protection and radioactive waste management.