

NUEVAS TENDENCIAS EN LA GESTIÓN DE LA SEGURIDAD

M^a.D. NORTE

INTRODUCCIÓN

Si partimos de la definición general y básica de la Seguridad Nuclear como *"toda actividad relacionada con el mantenimiento de las condiciones de operación adecuadas, con la prevención de accidentes o mitigación de las consecuencias de los accidentes potenciales, que conduzca a la protección adecuada del personal de las centrales nucleares y del público en general; y de la protección del medio ambiente de los riesgos indebidos causados por la radiación"*, se va a exponer a continuación la evolución de la Gestión de la Seguridad Nuclear a lo largo de los últimos años, y especialmente desde que en España están en operación comercial las centrales nucleares.

Los objetivos básicos de seguridad se pueden resumir en los tres siguientes:

- Proteger al personal, al público en general y al medio ambiente mediante el establecimiento y mantenimiento de medios de defensa efectivos contra los riesgos radiológicos.

- Asegurar que durante todos los estados operacionales de las centrales, las exposiciones a la radiación del personal de operación, y del público en general, permanecen por debajo de los límites preestablecidos y que se mantienen tan bajos como sean razonablemente alcanzables (criterios ALARA); y asegurar la mitigación a las exposiciones a la radiación de los accidentes bases de diseño.

- Asegurar que los accidentes bases de diseño son generalmente tenidos en cuenta en el diseño, incluso los que tienen baja probabilidad y los que tienen consecuencias radiológicas muy pequeñas; y que mediante medidas de prevención y de mitigación se puede concluir que los accidentes con consecuencias graves son extremadamente improbables.

CONCEPTO DE LA SEGURIDAD NUCLEAR Y SU CULTURA

Desde mediados de la década de los años 50, en la que se empezó el desarrollo del uso pacífico de la energía nuclear, como medio de producción de energía eléctrica, ha ido avanzando el uso de la misma, constituyendo una de las fuentes importantes de abastecimiento energético de los países más industrializados.

A lo largo de los años de su utilización, ha ido variando la manera de abordar el tema de la SEGURIDAD NUCLEAR en las centrales nucleares. Inicialmente la industria nuclear utilizó en concepto de la "Seguridad a Ultranza", también denominado como "Defensa en Profundidad", enfocado fundamentalmente a la prevención de incidentes y a evitar los accidentes, en primer lugar, y a la mitigación de tales sucesos, en caso de ocurrencia, en segundo lugar.

Es decir, hasta hace muy poco tiempo la tarea fundamental en el campo nuclear se ha centrado en dar respuesta adecuada a los retos técnicos que la explotación venía planteando, en las fases de construcción, diseño, pruebas y puesta en marcha de las centrales nucleares.

Estos conceptos se han materializado mediante la utilización de una serie de barreras técnicas de protección, para el confinamiento de los materiales radiactivos contenidos en reactores nucleares, que se agrupan en tres escalones de acuerdo con la función genérica de seguridad que desempeñan:

1. Principios de Calidad: Diseño fiable, y seguro; construcción y fabricación de equipos sujetos a altas normas de calidad y funcionamiento de la central bajo procedimientos de operación seguros y rigurosamente controlados. Con ello se previenen situaciones de funcionamiento anormal.

2. Sistemas de protección para mantener en funcionamiento seguro o conducir a parada segura la planta. Con ello se evita que situaciones anormales degeneren o pudieran degenerar en accidentes.

3. Sistemas de mitigación que se incorporan al diseño de la planta con objeto de limitar las consecuencias de potenciales accidentes, a pesar de las medidas anteriores.

Hasta la década anterior de los años 80, la seguridad se ha venido aplicando en las centrales nucleares teniendo exclusivamente en cuenta los criterios deterministas.

Un resumen de dichos criterios se incluye a continuación:

Condiciones y criterios deterministas

La ingeniería basada en las técnicas deterministas considera los siguientes principios:

- Los márgenes de seguridad y las incertidumbres asociadas consecuentes de la falta

de datos específicos o conocimientos adecuados.

- El cumplimiento y aproximación de los principios incluidos en los Criterios Generales de Diseño (CGD), las normas de seguridad aplicables, y los principios básicos de la ingeniería como son la defensa en profundidad y el criterio de fallo único.

- Las barreras, tanto preventivas como las que tienen como función mitigar el daño al núcleo, fallo de la contención, y la exposición a la radiación del público en general.

Concepto de defensa en profundidad

El proceso de diseño de las centrales nucleares, ha incorporado los criterios de defensa en profundidad, es decir que se han incluido múltiples niveles de protección.

Se incluyen algunos ejemplos de estos requisitos a continuación:

- Provisión de múltiples medios para asegurar cada una de las funciones básicas de seguridad (control de reactividad, evacuación de calor y confinamiento de radiactividad).

- El uso de dispositivos apropiados de protección, además de las medidas inherentemente seguras.

- Control adecuado de la planta, mediante la activación automática de los sistemas y mediante las acciones manuales del operador.

- Provisión de equipos y procedimientos para reforzar las medidas de prevención de accidentes; y para controlar el curso de los accidentes, así como limitar las consecuencias de los mismos.

Un esquema básico de este sistema de defensa en profundidad se incluye más adelante en la Figura I.

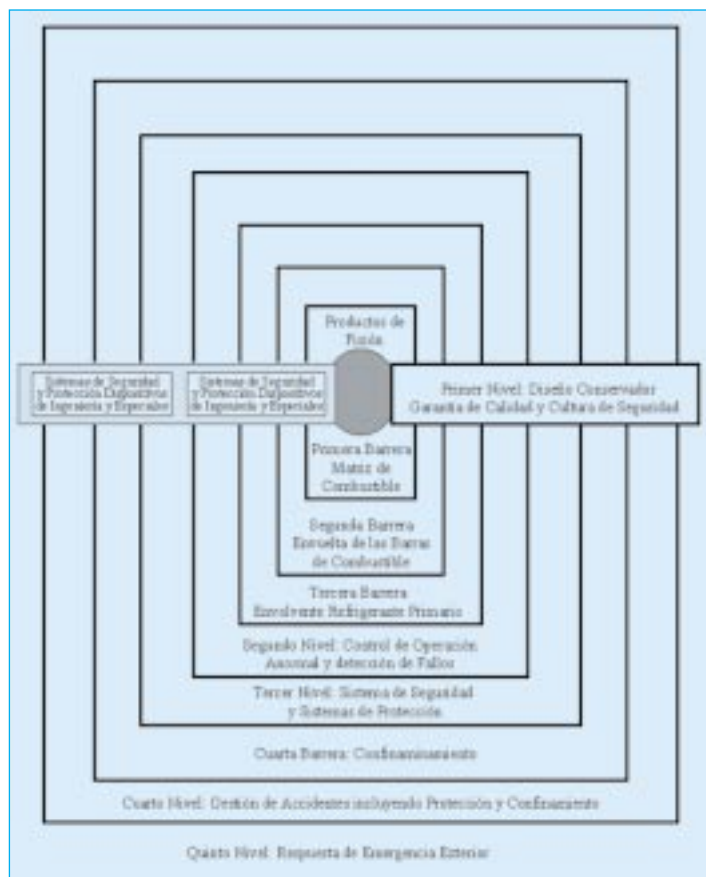
El concepto de defensa en profundidad mediante las barreras asegura además que hay:

- a) Independencia entre las diferentes barreras (de manera que el fallo de una de ellas como consecuencia del fallo directo de otra de las barreras, se ha evitado en el diseño).

- b) Respuesta pronta y apropiada una vez que se ha producido el fallo de una o más barreras.

- c) La probabilidad del fallo de cada barrera es aceptablemente pequeña.

- d) La redundancia y la diversidad total de las barreras es suficiente para proveer un



FI. Barreras Físicas y Niveles de Protección.

margen probabilista apreciable al criterio de aceptación del riesgo.

e) Se siguen manteniendo los criterios y principios ALARA con respecto a la exposición del personal a la irradiación.

A lo largo de las décadas de los años 60, 70 y 80, se ha desarrollado un cuerpo normativo y reglamentario con multitud de normas, guías reguladoras, requisitos y recomendaciones que establecen las directrices y regulan las actividades de la industria nuclear con objeto de cumplimentar los apartados anteriores.

Dichos requisitos, establecidos desde un punto de vista determinista, estaban basados normalmente en modelos de evaluación, y procedimientos de actuación muy conservadores, dada la poca experiencia adquirida en el comportamiento operativo de los sistemas y la carencia de resultados de los programas de I+D que clarificaran las incertidumbres asociadas con la fenomenología de los posibles accidentes y malfunciones significativas que, según el diseño de las plantas, pudieran desarrollarse.

Las centrales nucleares han estado pues operándose en estricto cumplimiento con la reglamentación y normativa aplicable y siempre en funcionamiento dentro de las especificaciones técnicas licenciadas. Igualmente, se han desarrollado procedimientos de operación ante potenciales situaciones anormales y de emergencia a fin de mitigar las consecuencias de accidentes.

Con ello se ha intentado garantizar que la

explotación de las centrales nucleares se realizará de forma segura y en cumplimiento de los principios de seguridad establecidos internacionalmente (OIEA).

Sin embargo, la experiencia adquirida durante los últimos 30 años y el grado de madurez alcanzado por la industria nuclear ha puesto de manifiesto que son necesarias consideraciones adicionales, en relación con el concepto "global" de seguridad nuclear, a ser tenidas en cuenta tanto por los Organismos Reguladores como por los Propietarios de las plantas nucleares.

Posteriormente se ha desarrollado y aplicado las Técnicas de Análisis Probabilista de Seguridad y de Riesgos.

Análisis Probabilista de Seguridad (APS)

Estos Análisis Probabilistas de Seguridad para una central nuclear, son unos procesos analíticos que cuantifican el riesgo potencial asociado con el diseño, la operación y el mantenimiento de la planta para proteger la salud y la seguridad del público.

Los análisis probabilistas de seguridad constituyen una herramienta extraordinaria útil en la identificación de puntos débiles de diseño, operación y mantenimiento, y/o de limitaciones en relación con los requisitos establecidos y las especificaciones técnicas implantadas.

Tradicionalmente, un APS de alcance completo ("full-scope"), se usa para cuantificar el riesgo de los accidentes iniciadores en la planta (debido a sucesos iniciadores internos tales como rotura de tuberías y sucesos iniciadores externos, como los terremotos), y se utiliza tanto para las condiciones de plena potencia, baja potencia y condiciones de parada de la central.

Mediante dichos criterios se ha podido establecer qué equipos y sistemas en los reactores nucleares se debían clasificar como relacionados con la seguridad ó no relacionados con la seguridad, y aquellos que no tienen significación respecto al riesgo.

NUEVAS TENDENCIAS EN EL CAMPO DE LA SEGURIDAD NUCLEAR Y SU GESTIÓN

A partir de la década de los años 80 y una vez que se fueron elaborando los

Análisis Probabilistas de Seguridad (APS) específicos para las centrales nucleares, la NRC ha ido adaptando durante los años 90, los resultados de los APS a las organizaciones emisoras de normativa y al cuerpo normativo y regulador.

Asimismo, en la actualidad ya se han editado como Guías Reguladoras una serie de ellas en las que se incluyen los diferentes aspectos y campos en los que se pueden aplicar estos conceptos. Entre ellos se encuentran los siguientes:

- G.R. 1.174 "An approach for using probabilistic risk assessment in risk-informed decisions on plant-specific changes to the licensing basis" (Ref. 1).

- G.R. 1.175 "An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: Inservice testing" (Ref. 2).

- G.R. 1.176 "An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: Graded quality assurance" (Ref. 3).

- G.R. 1.177 "An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: Technical specifications" (Ref. 4).

- G.R. 1.178 "An approach for plant-specific risk-informed decisionmaking inservice inspection on piping" (Ref. 5).

Se ha editado también en borrador el Capítulo 19 del SRP (Ref. 6).

El propósito y el objetivo fundamental de estas guías reguladoras es definir una aproximación aceptable para los licenciarios al utilizar las técnicas de riesgos en las peticiones a la NRC cuando se necesite modificar las Bases de Licencia actuales de las centrales; y servir como herramienta en las decisiones reguladoras a la NRC.

Asimismo se pretende tener una mayor consistencia en la gestión reguladora cuando se utilicen los resultados de los APS, y reducir costes innecesarios en la fase de evaluación de las centrales.

Se puede acoger a estas opciones voluntariamente cualquier propietario de centrales nucleares.

Este uso de la regulación y reglamentación teniendo en cuenta la importancia relativa respecto al riesgo ("Risk informed decision-making"), es complementario con el sistema determinista y sigue en consonancia con la filosofía tradicional de la "defensa en profundidad" amparada por la NRC.

Con ello se pretende mantener un cuerpo regulador que continúe asegurando de manera razonable una adecuada protección de la salud y seguridad del público y a la vez considerar los nuevos conceptos de la seguridad, como los temas "marginales" para la seguridad y el concepto de cultura de seguridad.

Con todo ello se trata de aprovechar el nuevo marco regulador elaborando y desarrollando nueva normativa, eliminando o modificando la que actualmente puede ser considerada como marginal para la seguridad, y que a su vez suponga una gran carga presupuestaria a la hora de evaluarla y aplicarla

tanto por parte de los organismos reguladores como por parte de los propietarios de las centrales.

Esta normativa que ya existe parte de ella en la actualidad, tiene unos elementos clave:

- Las decisiones están soportadas y justificadas por evaluaciones tanto deterministas como probabilistas.

- No podrá haber discusiones o discrepancias entre los resultados obtenidos por ambas técnicas.

- Se deben seguir cumpliendo las actuales leyes y reglamentaciones a menos que se justifiquen las excepciones de manera adecuada.

- Se siguen manteniendo los conceptos de defensa en profundidad.

- Se siguen manteniendo los márgenes de seguridad adecuados.

- El incremento de riesgos propuestos y su efecto acumulativo es pequeño, y no excede los incluidos en los Safety Goals de la NRC.

En la actualidad, además de los Análisis Probabilistas de Seguridad y de Riesgos también se está trabajando en paralelo a través del desarrollo tecnológico de los últimos años, y dentro de los Programas de Investigación y Desarrollo, en otros campos fundamentales que están ayudando para que la gestión de la Seguridad de las Centrales sea cada vez mejor.

Entre los temas principales se encuentran:

- Recopilación de las Bases de Diseño y Licencia.

- Calidad total, que implica una reducción y simplificación de los manuales y procedimientos.

- Mejora continua.

- Medidas de Control de la Configuración (Configuration Management).

- Mayor énfasis a la formación y reentrenamiento del personal involucrado en todas las actividades de seguridad nuclear.

- Mejora de los factores humanos.

- Modificaciones de diseño y análisis y evaluaciones de seguridad.

Entre los objetivos de la excelencia operacional de las centrales nucleares están:

- 1) Mantenerse siempre dentro de los límites de las Bases de Diseño originales de la central, y operar dentro de ellas.

- 2) Mantener actualizada y accesible la documentación de diseño para asegurar que:

- Las características físicas y funciones de la planta se mantienen y son consistentes con las Bases de Diseño.

- Los sistemas, estructuras y componentes pueden realizar sus funciones para las que han sido diseñados.

- 3) No se modifican las Bases de Licencia de la central.

Si además consideramos conjuntamente el término de CULTURA DE SEGURIDAD aplicada a todos los integrantes y organizaciones involucrados en las centrales nucleares, como:

"El conjunto de todas las características y actitudes que deben tener las organizaciones y las personas a título individual, que aseguren, que con una prioridad esencial, los temas y cuestiones de seguridad nuclear en las centrales, van a recibir la atención principal y prioritaria que se merecen en razón a su significación e importancia".(Ref. 7).

Estaríamos trabajando y operando con SEGURIDAD, con CALIDAD, se desarrolla EFICACIA, y todo ello nos conducirá a una gran COMPETITIVIDAD en el campo nuclear.

Esta cultura de seguridad no puede ser considerada como un hecho aislado. No debe de haber un único responsable, ni una única organización que lidere el tema. Hay que considerarla como un esfuerzo común, es más una "ACTITUD", una manera de hacer o un hábito de trabajo, más que en concepto frío o una definición independiente.

La cultura de seguridad es pues en conjunto de características humanas intangibles: actitudes (moral, motivación), atributos (competencia, profesional) y compromiso con la seguridad que se orienten hacia la consecución de resultados tangibles con cuya medida poder valorar la evolución de dicha cultura en las organizaciones.

Esta cultura de seguridad, debe de seguirse estrictamente y a lo largo de la operación de la central. Asimismo se deben de prever los medios necesarios para un fortalecimiento de la misma.

Teniendo en cuenta el nuevo marco regulador basado en la importancia relativa respecto al riesgo, vemos que con la experiencia adquirida con el desarrollo y elaboración de los APS, se pueden aplicar los resultados de estas técnicas probabilistas a los diferentes campos que se incluyen en la Figura II.

Además se va a considerar la mejora de

los factores humanos, fortaleciendo la cultura de eliminación de errores humanos, que conducirá a evitar los incidentes en la medida de lo posible.

Con ello podremos seguir asegurando una seguridad operacional y además operar las centrales de manera ordenada y eficaz dentro de unos costes competitivos.

Las aplicaciones fundamentales se resumen a continuación y en algunas de ellas ya se está trabajando en la actualidad, y sobre las otras se espera que se pueda seguir avanzando, una vez que la legislación y la normativa adecuada lo permita.

- Programa de Optimización y Mejora de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (E.T.F)

C.N. Cofrentes y C.N. Sta. M^a de Garoña han realizado ya en la actualidad este programa de optimización que en el momento presente está pendiente de la aprobación final del CSN.

Permanecen en las ETF sólo aquellos sistemas de seguridad o que son significativos respecto al riesgo, incluyendo para ellos los requisitos de vigilancia y condiciones límites de operación aplicables.

- Garantía de Calidad Gradual (Graded Q:A)

Con ello se pretende mantener dentro de los Programas de Garantía de Calidad y de las Q-List, solamente los sistemas y componentes relacionados con la seguridad, y aquellos que tengan un riesgo alto respecto a la seguridad.

En la actualidad, pero en USA ya ha sido implantada en varias centrales piloto la Garantía de Calidad Gradual, y aprobada por parte de la NRC.

- Inspecciones en Servicio y Pruebas en Servicio

En España se está trabajando en este tema para adaptarse a la nueva reglamentación del



FII.

Código ASME XI y los Code Cases aplicables que se vayan publicando.

- *Análisis y Evaluaciones de Seguridad*

Se permitirá en el futuro adaptar las técnicas de riesgos en la elaboración de los Análisis y Evaluaciones de Seguridad de acuerdo con el 10 CFR 50.59.

- *Garantía de Calidad*

Se pretende cambiar el 10 CFR en el tema de Garantía de Calidad, para adaptarlo a las nuevas técnicas de importancia respecto al riesgo y fundamentalmente el 10 CFR 50 Ap. B que deberá contemplar los diferentes programas y requisitos de Garantía de Calidad que se le impongan a los sistemas y componentes que entren dentro de la Garantía de Calidad Gradual.

- *Protección contra incendios (PCI)*

Se van a aplicar también en esta actividad las técnicas de análisis de riesgos, para la evaluación y aplicación de los criterios probabilistas en la reglamentación de PCI: 10 CFR 50 Ap. R, y no sólo los criterios deterministas, como ocurre en la actualidad.

La NRC, consideró el tema de PCI como marginal para la seguridad ya en el año 1993 en la Proposed Rule de "NRC Program for Elimination of Requirements Marginal to Safety". Esto proporcionará a los licenciatarios la posibilidad de reemplazar los criterios deterministas del Apéndice R, que especifican límites para el daño por fuego en los trenes de divisiones redundantes, con criterios que permitan usar la tecnología de los APS y la importancia de los riesgos de las secuencias de fuego, para determinar los medios de protección contra incendios.

- *Regla de Mantenimiento*

También se está aplicando en la definición de los sistemas y componentes a incluir en la Regla de Mantenimiento, las técnicas de evaluación de riesgos, con los resultados específicos de los APS de cada central.

CONCLUSIONES

Un máximo nivel de seguridad significa un mínimo nivel de riesgo.

Como hemos visto, los pilares básicos en los que se fundamenta la seguridad nuclear son:

- Defensa en Profundidad.
- Medidas Adicionales Implantadas tras TMI-2.
- Análisis Probabilistas de Seguridad y sus Aplicaciones.
- Análisis y Retroalimentación de la Experiencia Operativa.
- Cultura de Seguridad.

En todo proyecto nuclear la seguridad está presente desde el inicio del proyecto, a lo largo de la realización del mismo durante la operación de la instalación. El objetivo final es el de conseguir que la planta sea dotada con componentes y sistemas fiables, operada

con seguridad y que sea económicamente rentable.

La seguridad absoluta, o lo que es lo mismo el riesgo nulo, no existe en ninguna actividad humana por lo que la excelencia tiende a conseguir cotas buenas de seguridad-mínimo riesgo a niveles que la sociedad perciba y considere aceptables.

Se sigue garantizando de forma razonable la protección de la seguridad y salud públicas, y se han analizado profundamente los riesgos asociados con el uso pacífico de la energía nuclear siendo éstos bastante más pequeños que los riesgos de día a día la sociedad tolera en otro tipo de actividades, que también suponen un bien común.

Las centrales nucleares españolas han sido construidas en base a un diseño fundamentalmente probado y verificado (USA/GE y W, ALEMANIA/SIEMENS - KWU) habiendo intervenido las mejores Compañías de Ingeniería de estos países y españolas en el desarrollo de los proyectos y habiéndose introducido todas las modificaciones de diseño que la innovación tecnológica aconsejaba, desde un punto de vista coste-beneficio y como resultado de importantes trabajos de I+D realizados en los pasados 30 años. Por otra parte, se han proporcionado los recursos necesarios para mantener la capacidad tecnológica y estado del arte a niveles competitivos en nuestro país. Con ello se ha logrado que el diseño de nuestras centrales sea considerado bueno y seguro y, en todo caso, al mismo nivel que en los países origen de los proyectos.

Se pretende seguir en un futuro con una operación de las centrales y aplicando las técnicas de importancia respecto al riesgo, se pretende localizar y utilizar los recursos humanos y materiales de una forma más eficaz y rentable, dado que se volcarán en lo realmente seguro y en los sistemas con significación respecto a la seguridad.

Esta nueva forma de gestión de la seguridad y de las centrales no va en detrimento de los conceptos antiguos y tradicionales de la seguridad, sino que los complementa.

Mediante la introducción de las técnicas de riesgos en la modificación del Código 10 CFR se pretende aplicar tratamientos especiales y graduales ("Graded"), a aquellos sistemas y componentes con baja significación respecto al riesgo.

Con estas consideraciones se resume la postura actual de las técnicas de riesgo en:

- Mejorar la seguridad focalizando y dirigiendo los recursos de la NRC y de los propietarios de las centrales en las áreas de acuerdo con su importancia para la protección de la salud y de la seguridad del personal.

- Aplicar al marco y entramado nuclear todas estas técnicas.

- Permitir el uso de las mismas para proveer flexibilidad en la operación y en el diseño.

Estas conclusiones se incluyen en el SECY 98-300 (Ref. 8).

Todo ello conducirá a una reducción de costes sin comprometer los niveles actuales de seguridad en las operaciones de las centrales nucleares, y permitirá una mayor competitividad en la producción de energía eléctrica mediante la energía nuclear.

REFERENCIAS

- (1). G.R. 1.174 "An approach for using probabilistic risk assessment in risk-informed decisions on plant-specific changes to the licensing basis"
- (2). G.R. 1.175 "An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: Inservice testing"
- (3). G.R. 1.176 "An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: Graded quality assurance"
- (4). G.R. 1.177 "An approach for plant-specific, risk-informed decisionmaking: Technical specifications"
- (5). G.R. 1.178 "An approach for plant-specific risk-informed decisionmaking inservice inspection on piping"
- (6). Capítulo 19 de SRP "Use of Probabilistic Risk Assessment in Plant-Specific, Risk-Informed Decision-Making: General Guidance".
7. Ref. INSAG 04 "Safety Culture".
8. SECY 98-300 "Options for Risk-Informed Revisions to 10 CFR Part 50 Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities", Diciembre 1998.



Dolores NORTE GÓMEZ es Ingeniero de Minas por la E.T.S. de Ingeniero de Minas de Madrid 1974, Master en Seguridad Nuclear de Reactores, por el Massachusetts Institute of Technology (M.I.T) y Master en Evaluación y Corrección de Impacto Ambiental por el Instituto Tecnológico y Geominero de España. En 1974 empezó a trabajar en Empresarios Agrupados en el Departamento Mecánico para los proyectos de C.N. Almaraz, C.N. Cofrentes y C.N. Valdecaballeros, así como para las Centrales Térmicas de Lada y Melrama. En 1977 se incorporó al Departamento de Seguridad, para actividades de Licencia, Evaluación de Ofertas, Seguridad Nuclear. Desde 1979 es Jefe de Proyecto de Seguridad de Centrales BWR. Inicialmente de C.N. Valdecaballeros y a partir de 1986 de C.N. Cofrentes y C.N. Valdecaballeros, realizando actividades de Licencia, Seguridad y Garantía de Calidad. En la actualidad sigue trabajando en la C.N. de Cofrentes para las áreas de Licencia y Seguridad y Garantía de Calidad, y para el GPE-BWR en el Programa de Optimización y Mejora de las Especificaciones Técnicas de C.N. Sta. Mª de Garoña y C.N. Cofrentes.