

La formación en las empresas de ingeniería del ámbito nuclear

R. L. Perezagua

La importancia de la formación es creciente en todos los ámbitos empresariales y especialmente en organizaciones de alto carácter tecnológico como las empresas de ingeniería. Los proyectos nucleares son altamente multidisciplinarios y, aún en las fases iniciales de adjudicación o pre-construcción, necesitan de personal altamente preparado y cualificado en áreas que, la mayor parte de las veces, no forman parte de la oferta académica universitaria. Se examinan en este artículo las variables que influyen en el diseño de la formación específica para este tipo de proyectos en las empresas de ingeniería, así como las nuevas tecnologías formativas (*e-learning*) y los nuevos aspectos normativos (IS-12).

The importance of training is growing in all business areas and fields and especially in hi-tech companies like engineering firms. Nuclear projects are highly multidisciplinary and, even in the initial awarding and pre-construction phases, need to be staffed with personnel that is well-prepared and highly-qualified in areas that, in most cases, are not covered by university studies. This article examines the variables that influence the design of specific training for nuclear projects in engineering firms, along with new training technologies (e-learning) and new regulatory aspects (IS-12).



ROQUE L. PEREZAGUA LÓPEZ

es ingeniero de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid. Se incorporó al Departamento de Análisis Mecánicos de Empresarios Agrupados en 1985. Ha sido jefe de la Sección de Análisis Termohidráulicos y director del Departamento de Mecánica Aplicada. Desde 2011 es director de Calidad de Proyectos y es responsable de Formación de Empresarios Agrupados. También es profesor de resistencia de materiales, mecánica de fluidos y termodinámica en la Universidad Pontificia Comillas.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos nucleares son grandes proyectos industriales en los que se involucran muchos recursos humanos abarcando diferentes disciplinas de la ingeniería y del diseño. Desde el punto de vista de la ingeniería, el éxito de estos proyectos se apoya en dos pilares fundamentales: la coordinación y la capacitación. Actualmente, existen en el mercado oportunidades de contratación para servicios de ingeniería y consultoría en proyectos en fase de adjudicación o pre-construcción. Estas oportunidades de trabajo se consolidarán para aquellas empresas que sean capaces de proporcionar dichos servicios en los términos de calidad y cantidad requeridos. Afortunadamente no se parte de cero en esta nueva situación, puesto que ya se hizo en España un gran esfuerzo tecnológico para la implantación del programa nuclear nacional. No obstante son varios los aspectos que diferencian la situación actual de la de entonces y que han de ser tenidos en cuenta en el diseño de la formación (Figura 1). Por una parte están los nuevos enfoques de contratación bajo esquema “llave en mano” o bajo esquema “colaborativo” en lugar del

clásico enfoque de contratación “por componentes”. Por otra parte están las actividades de consultoría o de ingeniería de la propiedad. También hay que tener en cuenta los crecientes requisitos de seguridad nuclear en los diseños, así como el amplio abanico de las reglamentaciones de los países con programas nucleares activos (EEUU, Reino Unido, Finlandia, Chequia, India, China, etc.). Finalmente, el último aspecto diferenciador es el relativo a las nuevas tecnologías desarrolladas en las últimas décadas (nuevas plataformas informáticas, maquetas 3D, bases de datos, etc.).

Para acometer este tipo de trabajos, las empresas de ingeniería necesitan disponer de equipos humanos con el conocimiento, preparación y experiencia suficiente para realizarlos con solvencia en términos de calidad, tiempo y precio.

Todo esto lleva a las empresas de ingeniería a la necesidad de diseñar planes de formación específicos con el triple objetivo de:

- Cubrir el hueco formativo existente entre la oferta académica de las escuelas de ingeniería y las necesidades de conocimientos requeridos en un proyecto, en el ámbito nuclear.

- Cubrir los aspectos actualmente requeridos por este tipo de proyectos (nuevos requisitos de seguridad, nuevos tipos de contratación, nuevos métodos de trabajo colaborativo, etc.).
- Trasladar la experiencia, lecciones aprendidas y conocimientos de aquellas personas que participaron en el programa nuclear español a las nuevas generaciones de ingenieros jóvenes.

BASES PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE FORMACIÓN

Con carácter general, el diseño de un plan de formación es una labor de gestión del conocimiento empresarial con tres metas globales:

1. Potenciar el desarrollo y la optimización de la empresa.
2. Favorecer un adecuado clima de trabajo.
3. Potenciar las posibilidades personales, profesionales y laborales de las personas que conforman el equipo humano de la empresa.

En el diseño y establecimiento de un plan de formación se debe fomentar la implicación de todos los niveles de la empresa: desde la dirección, pasando por los jefes intermedios e



Figura 1. Nuevas necesidades formativas.

inmediatos, hasta los empleados, existiendo una auténtica comunicación entre todos ellos, tanto si se constituyen en organizadores de la formación como si son participantes en la misma. Este conjunto de actividades debe ser promovido desde la dirección encargada de la formación y ha de convertirse en una tarea habitual dentro de la empresa.

En cuanto al establecimiento de la estructura de un plan de formación, la secuencia típica a analizar es:

1. Identificación de las necesidades presentes y futuras de los clientes.
2. Identificación de carencias.
3. Priorización las necesidades más relevantes.
4. Implicación en este proceso de los objetivos estratégicos de la empresa, de su cultura, así como de los procesos de innovación y cambio, siempre desde una perspectiva de resultados positivos.
5. Formulación de unos objetivos razonables y medibles.
6. Planificación de contenidos, actividades y métodos formativos.
7. Identificación de los posibles formadores, tanto internos como externos.
8. Control de los aspectos organizativos (condiciones, lugares y tiempos), duración de las acciones, el presupuesto necesario y los recursos disponibles y requeridos.
9. Comunicación del plan de formación al personal con poder decisorio (para su aprobación) y al personal implicado (profesorado y participantes) para su conocimiento.
10. Establecimiento de las líneas de ejecución, mantenimiento de un seguimiento constante del proceso de desarrollo, un control riguroso y un análisis de los imprevistos.

11. Evaluación del plan, considerando dicha evaluación como un análisis continuo y constante de la planificación de la formación.
12. Acciones de mejora.

En la Figura 2 se muestra de manera esquemática el diagrama de proceso de la confección, implantación y seguimiento de un plan de formación.

LA POLÍTICA DE FORMACIÓN

En la medida en que una empresa tiene establecidas políticas y estrategias para mantener y ampliar su dimensión y competitividad, o bien para ajustarse a las coyunturas de su sector y mercado, el plan de formación debe constituirse en un pilar de apoyo para el éxito de esas políticas.

La política de formación, además de llevar a una mejor capacitación del personal, debe cumplir la misión de

ilusionar al personal, incluyendo cuadros medios y futuros directivos.

Si la dirección que toma el mercado es expansiva, y se prevé la entrada de nuevo personal, el plan de formación debe contener acciones encaminadas a formar a ese nuevo personal, procurando una rápida adaptación a los valores y cultura de la empresa, así como el de potenciar su capacidad de penetración para ganar esos nuevos espacios comerciales (cliente, servicio, producto).

Adicionalmente hay que tener en cuenta en organizaciones de largo recorrido como es el caso de Empresarios Agrupados, la transferencia de experiencia y conocimientos del personal veterano a las nuevas generaciones de jóvenes ingenieros, esto es, conservar y mejorar el *know-how* empresarial.

OBJETIVOS DE FORMACIÓN

El objetivo fundamental de la formación en el ámbito nuclear es el de tener un cuerpo de ingenieros/técnicos solventes en materias nucleares en las diferentes disciplinas de ingeniería, capaces de enfrentarse, con el apoyo debido, a los problemas del día a día de los proyectos nucleares tanto desde la vertiente de la ingeniería como de la consultoría.

Para ello el plan de formación, en lo que se refiere al ámbito nuclear, debería contemplar las siguientes vertientes:

1. Formación en ingeniería nuclear del personal técnico sin experiencia en este campo.
2. Formación de refresco del personal técnico con experiencia nuclear que hace tiempo abandonó las actividades nucleares para dedicarse a otras áreas de trabajo.

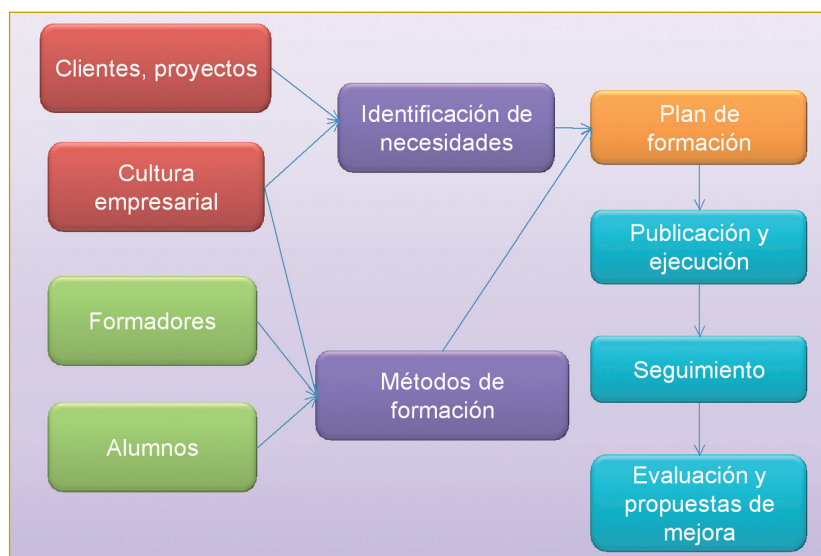


Figura 2. Diagrama de proceso.

3. Formación en nuevos aspectos relacionados con los trabajos futuros que se vislumbran (revisión crítica de documentación, revisión de ofertas, consultoría, etc.).
4. Transferencia de conocimientos generacionales.

ÁREAS DE CONOCIMIENTO

Las áreas de conocimiento están relacionadas con los aspectos que hacen específica la industria nuclear. Así, podrían listarse las siguientes áreas de conocimiento:

- Ingeniería nuclear.
- Seguridad nuclear.
- Certificación y licencia.
- Calidad.
- Bases de diseño de proyecto nuclear y criterios de proyecto.
- Contenido y preparación de especificaciones de petición de oferta.
- Gestión y control de proyectos nucleares.
- Documentación técnica.
- Maqueta electrónica y bases de datos.

En relación con las disciplinas de ingeniería relacionadas con estas áreas específicas, la formación deberá tener en cuenta las siguientes:

- Análisis probabilísticos de seguridad, cálculo de dosis, blindajes, etc.
- Ingeniería mecánica (procesos, equipos, materiales, sistemas NSSS y salvaguardias, contención, HVAC, PCI, etc.).
- Ingeniería eléctrica (simulaciones, equipos, unifilares, protecciones, etc.).
- I&C (arquitectura del control, instrumentación, esquemas, secuencias, etc.).
- Ingeniería civil (cargas especiales, edificios singulares, estructuras portantes nucleares, cimentaciones especiales, análisis dinámicos, etc.).
- Diseño (en sus diferentes vertientes, como pueden ser el diseño de planta, civil, mecánico, eléctrico, diseño relacionado con la seguridad, etc.).

MÉTODOS FORMATIVOS

Los métodos de formación modernos en las empresas aconsejan mezclar varios conceptos formativos para una mayor eficacia de ésta (Figura 3):

- Cursos de formación reglados, mediante clases presenciales impartidas por técnicos de oficio, expertos en la materia, etc.
- Formación *on-the-job*, realizando actividades de proyecto de manera tutelada.
- Auto-formación personal mediante la metodología *e-learning*.
- Charlas monográficas de personas de reconocido prestigio (profesores

universitarios, directores de plantas, ingenieros de dilatada experiencia, etc.).

- Mesas redondas sobre temas específicos.

El principal método formativo en las empresas de ingeniería, junto con la formación *on-the-job*, sigue siendo hoy por hoy el de las clases presenciales. A no ser que se trate de cierto tipo de cursos intensivos, la experiencia aconseja que no se supere dos horas al día de formación presencial.

La principal dificultad de la formación presencial radica en la idoneidad del profesorado. Usualmente, las empresas se nutren de sus propios profesionales para realizar este tipo de formación. Aunque en la mayoría de los casos se trata de profesionales de dilatada experiencia y probada solvencia en la materia, en la mayoría de los casos suelen carecer de la adecuada formación pedagógica, por lo que resulta muy conveniente articular cierta formación específica en técnicas de enseñanza: fases de una clase, técnicas de exposición, técnicas de captación de la atención de los alumnos, etc.

Para que la formación presencial sea lo más eficaz posible hay que compaginarla con trabajos prácticos, y éstos se llevan a cabo mediante actividades *on-the-job*, que son actividades reales en proyectos reales que se llevan a cabo con la adecuada supervisión y tutela.

Evidentemente la formación *on-the-job* vendrá condicionada, entre otras cosas, por la disponibilidad de trabajos en los proyectos concretos, su planificación, etc., y no siempre coincidirán sus actividades con los contenidos de las enseñanzas presenciales, pero a cambio, tienen como virtud el

acicatar del proyecto real y juegan sin duda un gran papel en la fijación de conocimientos así como en la asimilación del “modo de hacer” en el ámbito nuclear.

La metodología de formación *e-learning* está sufriendo un gran auge en estos últimos años. Por *e-learning* se hace referencia al aprendizaje en red, tele-formación, aprendizaje virtual, etc. Todas estas acepciones pueden considerarse sinónimos y con ellas nos queremos referir, por lo general, a la formación que utiliza la red como tecnología de distribución de la información, sea esta red abierta (Internet) o cerrada (Intranet).

Los cursos *e-learning* se estructuran mediante un documento de bienvenida donde se explica al alumno qué objetivos tiene el curso, qué lecciones contiene, cual es la duración aproximada, quién es el tutor, etc. Por regla general los cursos tendrán las lecciones, ejercicios resueltos, material audiovisual, lecturas adicionales recomendadas y, cuando así se aconseje, un test de entendimiento, con el fin de valorar la absorción de conocimientos por parte del alumno.

La formación *e-learning* ofrece ciertas ventajas respecto la presencial:

- Pone a disposición de los alumnos un amplio volumen de información.
- Facilita la actualización de la información y de los contenidos.
- Flexibiliza la información, independientemente del espacio y el tiempo en el cual se encuentren el profesor y el alumno.
- Permite la deslocalización del conocimiento.
- Facilita la autonomía del alumno.
- Propicia una formación *just-in-time* y *just-for-me*.

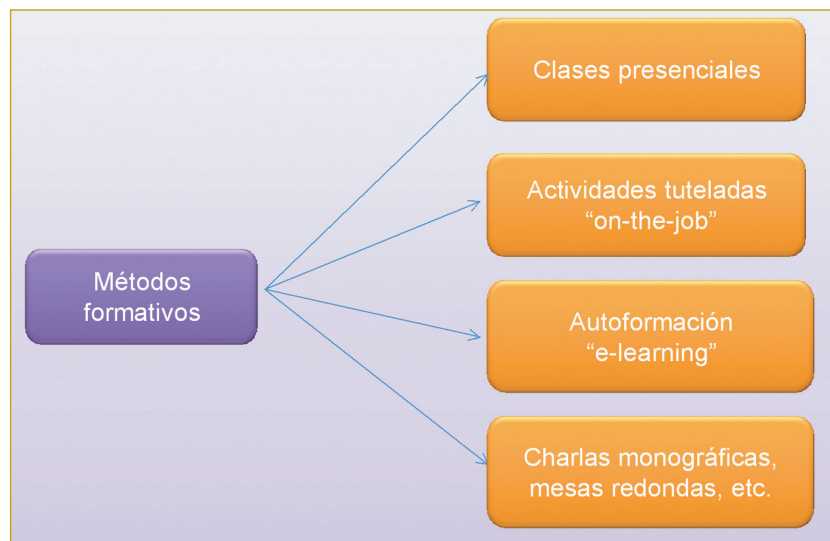


Figura 2. Diagrama de proceso.

- Ofrece diferentes herramientas de comunicación sincrónica y asincrónica para alumnos y profesores.
- Favorece una formación multimedia.
- Facilita una formación grupal y colaborativa.
- Favorece la interactividad en diferentes ámbitos: con la información, con el profesor y entre los alumnos.
- Facilita el uso de los materiales, los objetos de aprendizaje, en diferentes cursos
- Permite que en los servidores informáticos pueda quedar registrada la actividad realizada por los alumnos.
- Ahorra costos y desplazamientos.

Por el contrario, la formación *e-learning* presenta, frente a la formación presencial, las siguientes desventajas:

- Requiere más inversión de tiempo por parte del profesor en su preparación.
- Precisa unas mínimas competencias tecnológicas por parte del profesor y de los alumnos.
- Requiere que los alumnos tengan habilidades para el aprendizaje autónomo.
- Puede disminuir la calidad de la formación si no se da una ratio adecuado de tutela profesor-alumno.
- Requiere más disciplina y trabajo por parte del alumno que la formación presencial para obtener los mismos resultados.

Bien sean cursos presenciales o cursos *e-learning*, los cursos internos desarrollados en el plan de formación deberían tener un atributo que haga mención a su importancia formativa frente a las necesidades de la empresa. De esta manera los cursos podrían clasificarse como:

- De carácter divulgativo: se considera que el curso tiene contenidos para un mejor conocimiento general de las actividades de la empresa.
- De carácter formativo: se considera que el curso es aconsejable desde el punto de vista de un mejor desarrollo de las actividades profesionales de la disciplina.
- De carácter necesario: se considera que el curso es necesario y aconsejable para el desarrollo de las actividades profesionales de la disciplina.

Resulta de importancia capital incluir *e-actividades* que ayudarán a que los alumnos dejen de ser elementos pasivos y se conviertan en elementos activos, y al hecho de que el aprendizaje no se refiera exclusivamente al almacenamiento memorístico de la información, sino más bien a su

reestructuración cognitiva; en definitiva, se deben llevar a cabo verdaderas acciones de *e-learning* para que la autoformación no quede reducida a un simple *e-reading*.

LA FORMACIÓN Y LOS ASPECTOS NORMATIVOS (LA IS-12)

La formación en el ámbito nuclear da un salto cualitativo en España a partir de la publicación en el BOE de la IS-12, Instrucción de 28 de febrero de 2007, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se definen los requisitos de cualificación y formación del personal en el ámbito de las centrales nucleares. Por tanto, la Instrucción IS-12 afecta directamente a las empresas de ingeniería que ofrecen sus servicios de ingeniería y consultoría a las empresas explotadoras.

La Instrucción IS-12 tiene por objeto definir los requisitos de cualificación del personal que trabaje para las centrales nucleares y cuyas funciones estén relacionadas con la operación segura de la planta, mediante el desempeño de manera eficiente y segura de las tareas asignadas a cada puesto de trabajo.

Por cualificación la Instrucción entiende una combinación de titulación académica, experiencia y formación necesarios para el desempeño de un determinado puesto de trabajo.

La Instrucción liga los siguientes conceptos a la hora de abordar la capacitación necesaria para desarrollar un determinado puesto de trabajo:

- **Experiencia:** trabajo o actividades desarrolladas con responsabilidad laboral en la industria, en las áreas de diseño, construcción, operación, pruebas, o mantenimiento; así como cualquier actividad realizada en una central nuclear o asignada a sus servicios técnicos externos. La mera observación no se considera experiencia.
- **Formación previa:** conjunto de cursos certificados que acredita una persona de modo previo a su incorporación a un puesto de trabajo.
- **Formación inicial:** conjunto de cursos programados a los trabajadores que van a ocupar un puesto de trabajo, como condición para alcanzar las cualificaciones necesarias para su desempeño.
- **Formación básica:** parte de la formación inicial que aborda aspectos generales que debe poseer cualquier persona que desempeñe cualquier actividad realizada en una central nuclear o asignada a sus servicios técnicos externos.

• **Formación específica:** parte de la formación inicial que aborda los aspectos específicos del puesto de trabajo, que debe conocer cualquier persona que vaya a acceder a él.

• **Formación continua:** conjunto de cursos programados al personal que presta sus servicios para una central nuclear o en sus servicios técnicos externos, cuya finalidad es mantener y poner al día sus competencias.

La Instrucción obliga a guardar registros tanto de la cualificación de cada persona como de los cursos realizados en las diferentes áreas (básica, específica y continua).

La IS-12 en su introducción menciona que la instrucción se acerca a las recomendaciones del ANSI- 3.1-1993 «*Selection, Qualification, and Training of Personnel for Nuclear Power Plants*» y de la Guía Reguladora 1.8 de la NRC «*Qualification and Training of Personnel for Nuclear Power Plants*», rev. 3 de mayo de 2000, que endosa el contenido del ANSI con algunas modificaciones.

Por otro lado, con respecto a la OIEA, está la Safety Guide N°. NS-G-2.8 «*Recruitment, Qualification and Training of Personnel for Nuclear Power Plants*».

CONCLUSIONES

Los proyectos nucleares involucran muchos recursos humanos y son altamente multidisciplinarios. Las actuales oportunidades de contratación para este tipo de proyectos están centradas, con carácter general, en esquemas de trabajos preparatorios o de pre-construcción y pueden ubicarse dentro de la ingeniería, consultoría, o como ingeniería de la propiedad. La capacitación y, por ende, la formación es un aspecto crucial en el éxito de estos proyectos, y más aún en estas fases iniciales. Esta formación ha de tener en cuenta los nuevos aspectos de tipos de contratación, las nuevas tecnologías, especialmente aquellas relacionadas con las herramientas de trabajo (maqueta 3D, bases de datos, etc.), así como los nuevos requisitos de seguridad nuclear.

Un gran esfuerzo por parte de todo el sector fue llevado en el pasado de manera exitosa para acometer los grandes proyectos industriales de centrales en el programa nuclear español. Ante los nuevos proyectos, no partimos de cero, puesto que se tiene una gran experiencia acumulada en estas últimas décadas. Sí habrá que tener en cuenta, en lo que a formación se refiere, los aspectos novedosos antes mencionados.■