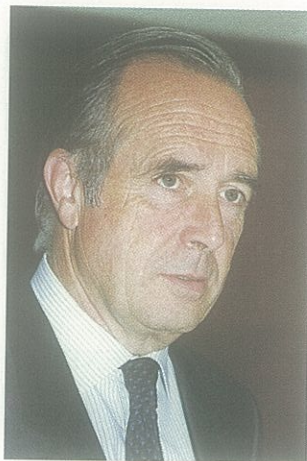


# UNA EXPERIENCIA ESPAÑOLA EN INSPECCION: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

# A SPANISH EXPERIENCE IN INSPECTION: PAST, PRESENT AND FUTURE

Francisco VIGHI



*Francisco Vighi Arroyo es Doctor Ingeniero Industrial y Catedrático de Termotecnia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha sido Director Técnico de Anglo Española de Electricidad, S. A., y Consejero-Director de Food Research Industries Española, S. A. Desde 1972 es Director de Tecnatom, S. A., Ingeniería de Servicios para Plantas Térmicas. Es miembro de: ANS, Asociación Española de Científicos, ATECYR, Instituto Internacional del Frío, ISES y SNE.*

*Francisco Vighi Arroyo is Doctor in Industrial Engineering and Professor of Thermotechnics in the Industrial Engineering Technical College of the Polytechnic University of Madrid. He has been Technical Director of Anglo Española de Electricidad and Counsellor Director of Food Research Industries Española, S. A. Since 1972 he is Director of Tecnatom, S. A., Ingeniería de Servicios para Plantas Térmicas. He is a member of: ANS, Asociación Española de Científicos, ATECYR, Instituto Internacional del Frío, ISES and SNE.*

## DE LA EMPRESA DE INSPECCION A LA INGENIERIA DE SERVICIOS DE INSPECCION

Durante muchos años, el concepto de inspección ha ido asociado a dos tipos de actuación: la del inspector que, por sus conocimientos y experiencia, era capaz de supervisar determinados procesos industriales y la del técnico en ensayos no destructivos que radiografiaba una unión soldada o inspeccionaba ultrasónicamente una pieza de acero al carbono de geometría no demasiado complicada.

Indudablemente, la industria nuclear ha contribuido de modo decisivo en la modificación de antiguo concepto de inspección no sólo desde el punto de vista tecnológico de lo que podríamos llamar «técnicas clásicas» (ultrasonidos, radiografía, etc.), que se han sofisticado mejorando su alcance, precisión, aplicabilidad y fiabilidad, sino que, además, ha ampliado las áreas de actividad, haciendo que se desarrollen nuevos conceptos, tanto en técnicas de ensayo como en métodos de pruebas que antes o no existían o no se asociaban a la idea de inspección.

La inspección hoy no es sólo el especialista que resuelve un problema puntual para el que se le contrata, sino el equipo asesor imprescindible que orienta sobre los parámetros que es necesario supervisar para mantener la operabilidad, que colabora con el sistema logístico del usuario a fin de optimizar la aplicación de su servicio intercalándolo en el proceso al que es inherente; la organización de inspección está dotada por un respaldo tecnológico y una potencialidad creadora capaz de desarrollar prototipos, perfeccionar dispositivos y poner a punto nuevas técnicas o nuevas aplicaciones.

La empresa de inspección ha dado paso a otro tipo de organización, fiable, experta y profesional, capaz de asesorar, crear, programar, evaluar y resolver todo tipo de problemas relacionados con inspección, pruebas, ensayos y, en general, mantenimiento preventivo, que puedan presentarse en orden

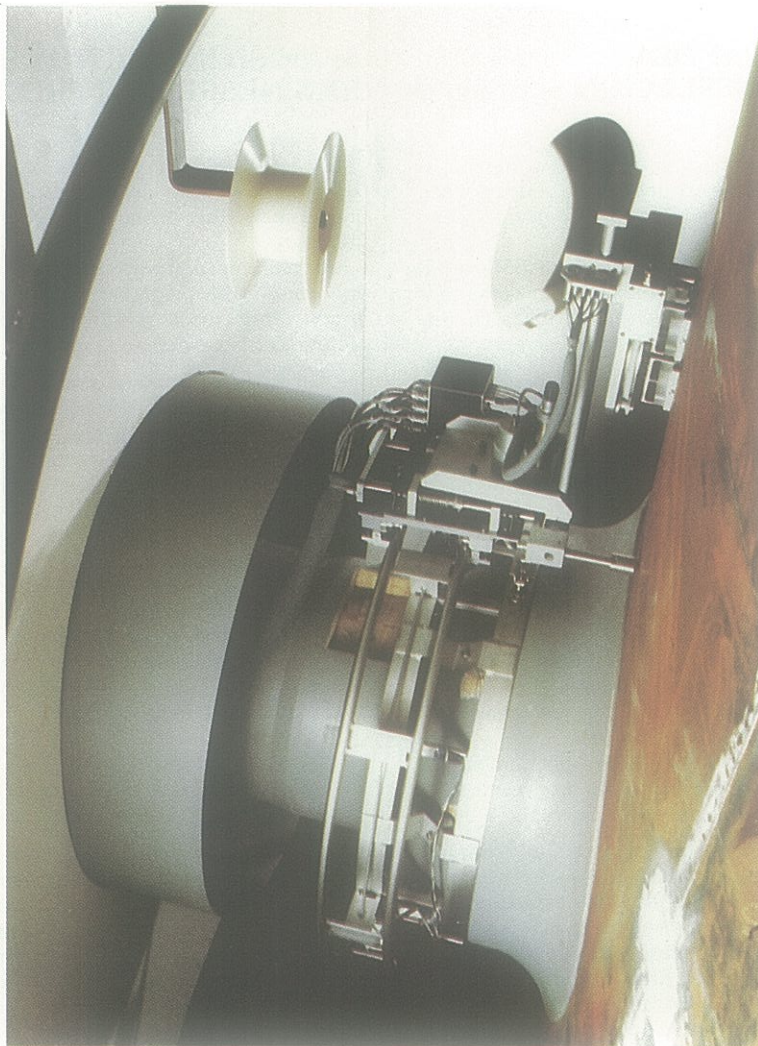
## FROM THE INSPECTION COMPANY TO INSPECTION SERVICES ENGINEERING

For many years the concept of inspection has been associated with two fields of activity: on the one hand, the inspector capable, due to his knowledge and experience, of supervising certain industrial processes, and on the other, the non-destructive testing technician who X-rayed welds or carried out ultrasonic inspections on carbon steel parts of not particularly complex geometry.

Undoubtedly, the nuclear industry has contributed decisively to the modification of the old inspection concept, not only from the technological point of view of what might be called «classical techniques» (ultrasonics, radiography, etc.), which have been made more sophisticated through improvement of their scope, precision, applicability and reliability, but also through a widening of the areas of activity, bringing about the development of new concepts in testing techniques and methods which either did not previously exist or were not associated with the concept of inspection.

Nowadays, inspection is not simply a question of the specialist hired to solve a specific problem, but also of the indispensable advisory group giving guidance on the parameters which need to be supervised to maintain operability, and collaborating with the user's logistic system in order to optimize its service application, inserting it in the process to which it is inherent. Inspection organization is provided with a technological support and endowed with a creative potential capable of developing prototypes, perfecting devices and implementing new techniques or applications.

The inspection company has given way to another types of organization, a reliable, expert and professional body able to advise, create, program, evaluate and solve all kinds of problems related to inspection, testing, trials and preventive maintenance in general in order to preserve the operability of



Equipo de inspección mecanizada de toberas de vasijas BWR.

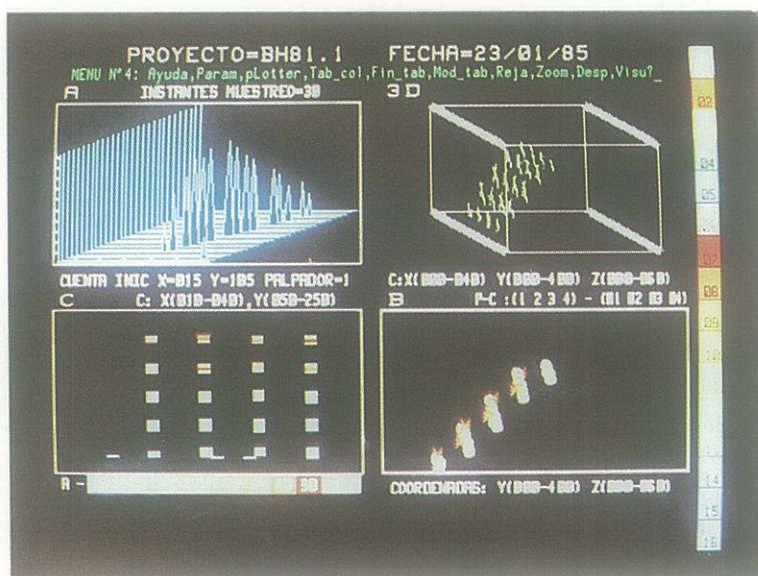
Mechanized Inspection Equipment of BWR Vessel Nozzles.

a conservar la operabilidad de una instalación industrial, que es lo que se entiende como ingeniería de servicios de inspección.

No son de sorprender, pues, las cifras estadísticas obtenidas durante los últimos años por aquellas empresas, ahora punteras del sector, que en su momento previeron el futuro y aceptaron el reto: elevados volúmenes de inversión en material, investigación y desarrollo, importante crecimiento de las plantillas y formación de personal, progresión y constante consecución de logros tecnológicos, que revierte en un incremento de la calidad suministrada y del abanico de servicios prestados.

industrial facilities; this is what is understood by the term «inspection services engineering».

One cannot be surprised, therefore, at the statistical figures obtained in recent years by those companies, now leaders in the sector, which foresaw the future and accepted the challenge: heavy investment in material, research and development, considerable increase in staff and in personnel training, progression and constant achievement of technological goals, all of which has added up to an improvement in the quality of the product and a widening of the range of services provided.



Diferentes tipos de presentaciones de gráficos correspondientes a la imagen ultrasónica de un bloque de taladros obtenidos con el sistema SUMIAD.

Diferent graphic presentations of the ultrasonic image of one drilled calibration block obtained with the SUMIAD system.

## LA INGENIERIA ESPAÑOLA DE SERVICIOS DE INSPECCION EN EL PRESENTE

En 1970, con un programa nuclear español en marcha, se hacía imprescindible adaptar las estructuras de soporte y servicios a las exigencias cada vez mayores de códigos y normativas.

En esas fechas, con una Sección XI del Código ASME recién aparecido, los requisitos de inspección no diferían demasiado de los existentes en la industria convencional. Estas diferencias estribaban en exigencias tales como:

- Utilización de dispositivos remotos para la inspección de áreas con elevado índice de radiación (en aquel momento, la vasija del reactor parecía ser el único componente conflictivo a la hora de su inspección ultrasónica).
- Estudio de unos códigos y requisitos, aún poco evolucionados en cuanto a su puesta en práctica y, por tanto, propicios a su interpretación, de los que había que partir para establecer unos programas de inspección, imprescindibles dado el volumen de áreas sometidas a vigilancia periódica (tal fue el nacimiento de lo que hoy se llama ingeniería de inspección en servicio).
- Preparación de un cuerpo de expertos para la realización de pruebas funcionales, especialidad entonces inexistente en el marco de los servicios ofrecidos por las agencias de inspección.
- Estricto control documental de los trabajos realizados, preparación, programación, control, resultados y evaluación (que era el nacimiento de la garantía de calidad).

Con estas premisas, y adquiriendo todavía en el extranjero la experiencia para su desarrollo, inician en esos años su nueva andadura algunas empresas de servicios, entre las que Tecnatom había de ser la pionera en nuestro país en cuanto a la aplicación práctica de la ingeniería de servicios de inspección, sobre la base de un elevado nivel de cualificación de plantilla compuesta por titulados superiores en un porcentaje mayor al 70 %, unas importantes inversiones y un equipo de desarrollo e investigación de alto nivel tecnológico.

Esta disposición será uno de los factores fundamentales que decidirán su propia evolución posterior, pues permitió a Tecnatom crear una sistemática de trabajo basada en el estudio y en el desarrollo de técnicas propias. Así, durante esta época, se ponen a punto nuevas especialidades de inspección, tales como pruebas funcionales para medida de fugas en válvulas o penetraciones, para cuya ejecución hubo que crear equipos y dispositivos de diseño propio por no existir prototipos comercializados para este fin, manteniendo, simultáneamente, un diálogo con los mejores expertos de esta especialidad naciente a través de las vías de comunicación disponibles, como contactar con especialistas extranjeros, presentar ponencias en seminarios internacionales y efectuar consultas y mantener correspondencia con los organismos reguladores de diversos países.

En 1978 se cuenta en España con tres centrales nucleares en operación y siete más en diferentes estados de construcción, que requieren ya la puesta en práctica de los servicios de inspección preoperacional, siendo necesario, a partir de esta fecha, actuar en varias plantas simultáneamente, bien para la obtención de las bases de referencia previas a la operación o para realizar inspecciones durante las recargas. En el momento actual, el objetivo de Tecnatom es cubrir las necesidades de inspección en servicio en dos centrales de 900 MWe que paren para recargar al mismo tiempo.

Para dar una idea de la magnitud del trabajo y de la organización necesaria, se calcula que una inspección preoperacional implica unas cien mil horas-hombre de trabajo, y, al igual que en una inspección en servicio, la intervención en planta de más de un centenar de técnicos especializados en diferentes áreas que cubren, además de los ensayos no destructivos tradicionales, los que exigen la aplicación de la robótica para el posicionamiento repetitivo de sondas de captores y los que conllevan una adquisición y tratamiento de datos especializados, campo en el que día a día se progresa con una increíble

## SPANISH INSPECTION SERVICES ENGINEERING AT PRESENT

In 1970, with a Spanish nuclear program under way, adaptation of the support and service structures to the increasingly strict demands of codes and regulations became a necessity.

At that time, and with Section XI of the ASME code a recent innovation, the inspection requirements did not differ overmuch from those existing in conventional industry. The differences lay in demands such as the following:

- Utilization of remote control devices for the inspection of high radiation level areas (at that time the reactor vessel was considered to be the only conflictive component with regard to ultrasonic inspection).
- Study of codes and requirements whose implementation was still meagerly developed and which were, therefore, open to varying interpretation; these formed the basis for the establishment of inspection programs, of vital importance given the number of areas subjected to periodical surveillance (such was the beginning of what is now known as in-service inspection engineering).
- Training of a body of experts to carry out functional tests, a speciality not then included in the range of services offered by the inspection agencies.
- Strict documentary control of the tasks executed, preparation, planning, control, results and evaluation (the beginning of quality control).

In accordance with these premises, and with the experience necessary for development still being acquired abroad, some service companies then struck off along a new path. Among them, Tecnatom was to become the pioneer in this country in the practical application of inspection services engineering, its success being built on a high level of staff qualification, more than 70 % university graduates, sizeable investments and a development and research team possessing a high technological level.

This arrangement was to be one of the main factors deciding subsequent evolution, as it allowed Tecnatom to create a working systematics based on the study and development of the company's own techniques. Thus, during this period, new inspection techniques were implemented, such as functional tests for valve or penetration leakage measurement, these necessitating the creation of internally designed equipment and devices due to the lack of commercialized prototypes suitable for this purpose. At the same time dialogue was maintained with this new speciality's leading experts via the available means of communication, such as contacts with foreign specialists, presentation of papers at international seminars and consulting and corresponding with the regulating organizations of various countries.

In 1978 there were in Spain three Nuclear Power Plants in operation and seven more at different stages of construction, these already requiring the rendering of pre-operational inspection services. As from that date the need arose to work simultaneously in various plants, either in order to obtain reference bases prior to operation or to carry out refueling inspections. At present, Tecnatom's objective is to cover the in-service inspection needs of two 900 Mwe nuclear power plants shutting down for refueling at the same time.

To give an idea of the magnitude of this task and of the organization needed, it is reckoned that a pre-operational inspection requires roughly a hundred thousand man-hours of work and, as in the case of in-service inspection, the on-site participation of over a hundred technicians specialized in different areas covering, besides the traditional non-destructive tests, those requiring robotic applications for the repeated positioning of pick-up probes and others implying specialized data acquisition and treatment methods, a field in which the day by day progress is almost unbelievably fast; the evolution

rapidez; la evolución de las inversiones realizadas en equipamientos durante los últimos años dan cifras superiores a los seiscientos millones de pesetas, con un crecimiento que nunca es inferior al 60 % anual.

Otra área acometida en estas inspecciones es la mencionada de pruebas funcionales, que día a día exigen nuevas especialidades en este campo: partiendo de los ensayos locales de válvulas hasta llegar a la precisión y sofisticados cálculos y medidas de la prueba integrada de fugas de la contención se han desarrollado técnicas específicas para la medida de fugas en esclusas y penetraciones, eficiencia de sistemas de ventilación y su capacidad para filtrar elementos radiactivos, calibración y puesta a punta de soportes y amortiguadores tanto hidráulicos como neumáticos, y las pruebas de envejecimiento de componentes, con vistas a su cualificación a la hora de predecir su operabilidad en hipotéticas condiciones de accidente.

Obviamente, todas estas técnicas llevan aparejada la existencia de especialistas en cálculo numérico y análisis matemáticos para las predicciones del crecimiento de defectos mediante mecánica de fractura o del comportamiento de materiales sometidos a flujo neutrónico; expertos en metalografía y ensayo destructivo de probetas y, por supuesto, un gran equipo de controladores, supervisores, auditores y técnicos en seguridad que garanticen la calidad del trabajo realizado.

Lo que era un simple proceso de supervisión y ensayo no destructivo se ha convertido en un campo de tecnología sofisticada y de organizaciones complejas muy dotadas.

## EL FUTURO DE LA INSPECCION EN ESPAÑA

En cuanto a las previsiones en el campo de la inspección en nuestro país se puede considerar a corto y medio plazo las siguientes actuaciones:

Continuar con un elevado ritmo de inversiones en investigación y desarrollo para mantener el nivel alcanzado y no quedarse a la zaga de países o empresas actualmente líderes en estas técnicas, que continúan evolucionando con vertiginosa rapidez y procedimientos cada vez más sofisticados, prestando especial atención al desarrollo de la automatización de procesos.

El volumen de servicios de inspección requeridos se incrementará por dos razones fundamentales: aumento de los factores de disponibilidad, que exigirán cada vez más control e inspección de componentes y sistemas, dictados por los mayores conocimientos y experiencia en el mantenimiento preventivo de las centrales de producción de energía eléctrica, y por el aumento de la exportación de servicios tanto a los países menos desarrollados, a los que se hará transferencia de los conocimientos alcanzados, como a los países de desarrollo, donde se estará en competencia, gracias al nivel de desarrollo logrado por Tecnatom.

Evidentemente, esto sólo es posible si se mantienen y superan las condiciones logradas en cuanto a seguridad, confiabilidad, rapidez, eficacia y nivel tecnológico de estos servicios.

Actualmente ya hay una realidad importante y, sobre ella, con un esfuerzo continuado y responsable, se debe alcanzar y mantener posiciones de vanguardia en la tecnología mundial.

of investments in equipment in recent years shows figures surpassing six hundred million pesetas, with an annual increase never below 60 %.

Another area addressed in these inspections is the previously mentioned field of functional testing, which increasingly demands the development of new specialities. From local valve tests to the precision and sophisticated calculations and measurements required by the containment leak integrated test, specific techniques have been developed to measure air lock and penetration leakage, the effectiveness of ventilation systems and their radioactive element filtering capacity, the calibration and implementation of supports and hydraulic and pneumatic snubbers, and component ageing tests designed with a view to qualification of these components regarding prediction of their operability in hypothetical accident conditions.

Obviously all these techniques entail the involvement of numerical calculus and mathematical analysis specialists to predict flaw growth by fracture mechanics or the behaviour of materials under neutron flux, experts in metallography and specimen destructive testing and, of course, a large team of controllers, supervisors, auditors and safety technicians to guarantee the quality of the work performed.

What was a simple process of supervision and non-destructive testing has become a field of sophisticated technology and highly equipped complex organizations.

## THE FUTURE OF INSPECTION IN SPAIN

With regard to short and medium term forecasts in the field of inspection in Spain, the following courses of action may be considered:

Maintenance of a high level of investment in research and development in order to safeguard the standards achieved and not fall behind those countries and companies currently leaders in these techniques, which continue to develop at an amazing speed and with increasingly sophisticated procedures, paying special attention to the development of process automation.

The volume of inspection services required will grow for two main reasons: an increase in availability factors, which will require greater control and inspection of components and systems as a result of the widening of knowledge and experience in electricity generating power plants, and an increase in service exports to the less developed countries, to which the knowledge attained will be passed on, as well as to developed countries, where we will be in a position to compete thanks to the level of development reached by Tecnatom.

Obviously this is possible only if the goals achieved with respect to the safety, reliability, speediness, effectiveness and technological level of these services are maintained and surpassed.

An important reality already exists; based on this reality, and through continuous and responsible effort, a leading role in worldwide technology must be achieved and maintained.