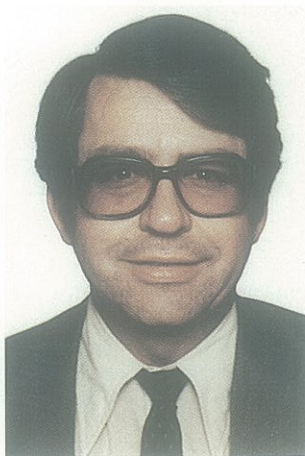


TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA DE REACTORES DE AGUA EN EBULLICION (BWR)

BWR TECHNOLOGY TRANSFER

Thomas A. BOWER



Thomas A. Bower obtuvo sus licenciaturas B. S. y M. S. en Física en 1967 y 1969, respectivamente, de la Universidad Estatal de San José. Toda su carrera profesional se ha desarrollado en la Operación de Energía Nuclear de General Electric, habiendo ejercido durante este tiempo varios cargos de ingeniería y gestión, incluyendo el de ingeniero de proyecto de la Central Nuclear de Cofrentes. Actualmente desempeña la función de Director de Intercambios de Tecnología, siendo responsable de la dirección de los programas de transferencia de tecnología de General Electric.

Thomas A. Bower received his B. S. and M. S. degrees in Physics in 1967 and 1969, respectively from San Jose State University. His entire professional career has been with General Electric's Nuclear Energy Operation, during which time he has held several engineering and management positions, including project engineer of C.N. Cofrentes. Currently, he holds the position of Manager, Technology Exchange, responsible for the management of General Electric's technology transfer programs.

HISTORIA

La empresa General Electric comenzó a trabajar comercialmente en el campo de la energía nuclear en 1954, el mismo año en que el Presidente Eisenhower inició el programa «Atoms para la paz» para abrir la puerta a la internacionalización de la tecnología energética nuclear. Condicionado por esta nueva política y por las demandas de empresas de la República Federal Alemana (? 1958) y de Italia (? 1959), se desarrolló el programa de transferencia de tecnología de General Electric, para crear la capacidad de diseño y fabricación nacional.

Durante el último cuarto de siglo, General Electric ha participado en extensos programas para la transferencia de energía nuclear en todo el mundo. Esta amplia experiencia proporciona una firme base para el desarrollo e implementación de tecnología de reactores de agua en ebullición (BWR) consecuente con los objetivos nucleares nacionales y la capacidad de industrialización de cada país. En este artículo se exponen las actividades de General Electric, incluyendo las características fundamentales que se han incorporado en los planes encargados para la transferencia de tecnología BWR en aplicaciones específicas.

HISTORY

The General Electric Company entered the commercial nuclear business in 1954, the same year President Eisenhower initiated the «Atoms for Peace» program to open the door to the internationalization of nuclear power technology. Conditioned by this policy move, together with BWR orders from utilities in the Federal Republic of Germany (in 1958) and in Italy (in 1959), General Electric's program of technology transfer was developed in response to building local design and manufacturing capabilities.

During the past quarter century, General Electric has participated in extensive programs for the transfer of nuclear technology throughout the world. This broad experience provides a firm basis for development and implementation of boiling water reactor (BWR) technology consistent with a country's national nuclear objectives and industrialization capabilities. This article reviews these General Electric activities, including key features that have been incorporated in customized plans for BWR technology transfer for specific applications.

BWR TECHNOLOGY TRANSFER SCOPE



**BWR Systems and the
Nuclear Island**



Fuel Cycle



Plant Services

ALCANCE TECNOLÓGICO Y METODOS

Los Programas de Intercambio de Tecnología BWR de General Electric, aunque de amplio alcance y flexibilidad de aplicación, dependiendo de los deseos de los receptores de tecnología, se han desarrollado en estas tres categorías principales:

- Tecnologías de fabricación de componentes de tecnología de Sistemas Nucleares BWR, no sólo en equipos de suministro de vapor, sino también en sistemas de isla nuclear al completo.
- Tecnología del ciclo de combustible BWR, incluyendo el diseño y fabricación de núcleo y combustible, proceso de conversión de uranio, almacenamiento de combustible consumido y métodos de transportes.
- Tecnología de Servicios BWR comprendiendo la información técnica pertinente para la explotación continua y productiva de las centrales nucleares BWR.

A través de sus acuerdos de intercambio de tecnología, General Electric proporciona una completa información de ingeniería y fabricación de sus reactores de agua en ebullición y combustible nuclear. Por ejemplo, bajo un acuerdo de intercambio de tecnología de fabricación, tal como el que mantiene con ENUSA, General Electric proporciona información sobre procesos de fabricación, equipo de producción y medidas de garantía de calidad.

Periódicamente se publican informes y se realizan seminarios de tecnología para mantener a los asociados técnicos de General Electric al corriente de los constantes cambios de las técnicas de fabricación.

General Electric utiliza tres mecanismos fundamentales para transferir eficazmente las tecnologías BWR esbozados con anterioridad: adiestramiento en el trabajo, asesoramiento técnico y presentación de documentos.

El programa de adiestramiento consiste en la asignación de los ingenieros del asociado técnico a la oficina central de ingeniería de General Electric, en San José, California, o a su central de fabricación de Wilmington, Carolina del Norte. Este tipo de adiestramiento es independiente del adiestramiento oficial en aulas, tal como el que se proporciona al personal de operación y mantenimiento de la central. Aunque es importante, tal tipo de adiestramiento suele acompañar a la entrega del equipo al cliente por el proveedor.

Con respecto a las necesidades de un programa nuclear en desarrollo, General Electric puede ayudar en la preparación de un plan global de adiestramiento que especificará el número de personas, las disciplinas recomendadas y la duración de los cursos de adiestramiento. En el pasado, los cursos de adiestramiento han oscilado entre 6 y 24 meses, dependiendo

TECHNOLOGY SCOPE AND METHODS

The General Electric BWR Technology Exchange Programs, although broad in scope and flexible in application, depending on the desires of the technology recipient, have evolved into these major categories:

- BWR Nuclear Systems technology component manufacturing technologies of not only steam supply equipment but also of entire nuclear island systems;
- BWR Fuel Cycle technology encompassing core and fuel design and manufacturing, uranium conversion processing, spent fuel storage and transportation know-how; and
- BWR Services technology comprising technical information pertinent to the successful and continued operating performance of BWR nuclear power plants.

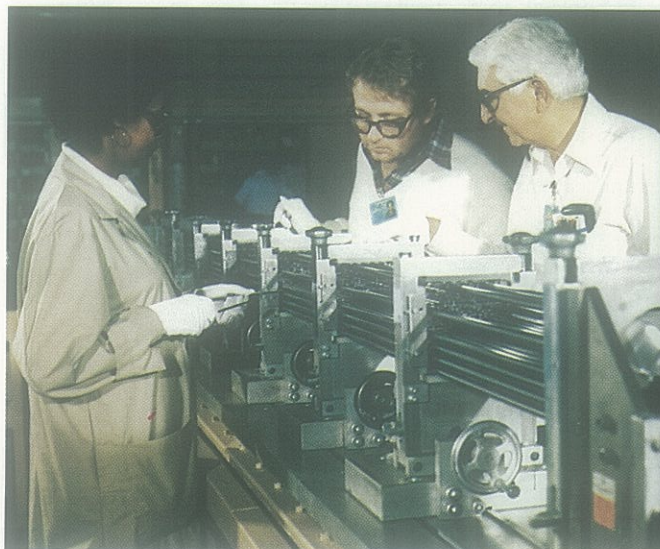
Through its technology exchange agreements, General Electric provides complete engineering and manufacturing information on its boiling water reactors and nuclear fuel. For example, under a manufacturing technology exchange agreement, such as the one with ENUSA, General Electric provides information on manufacturing processes, production equipment, and quality assurance measures.

Periodically, information briefings are published and technology seminars are held to keep General Electric's technical associates abreast of continually changing manufacturing know-how.

General Electric employs three principal mechanisms, to efficiently transfer the BWR technologies outlined above: on-the-job training, technical consultation, and document, submittals.

The training program consists of the assignment of a technical associate's engineers to General Electric's engineering headquarters in San Jose, California, or to its manufacturing center at Wilmington, North Carolina. This type of training is separate from the formal classroom training such as that provided for plant operation and maintenance personnel. Although important, such training usually accompanies the supplier's turnover of equipment to this customer.

With respect to the needs of a developing nuclear program, General Electric can assist with the preparation of a comprehensive training program plan which will specify the number of people, the recommended disciplines, and the lengths of training assignments. In the past, training assignments have ranged from 6 to 24 months depending on discipline complexity.



Estas ilustraciones muestran la diversidad de adiestramiento puesto en práctica disponible a los asociados técnicos de General Electric; a la izquierda se muestra un cursillista recibiendo adiestramiento práctico en la instalación de Fabricación de Combustible de General Electric de Wilmington, Carolina del Norte; a la derecha se observa el adiestramiento de dos ingenieros en el área de diseño de combustible nuclear y manipulación del núcleo, en la sede central de General Electric, en San José.



These illustrations show the diversity of on-the-job training available to General Electric's technical associates; on the left a trainee is pictured receiving «hands on» training at General Electric's Wilmington, North Carolina Fuel Manufacturing facility; the right shows two engineers training in the area of nuclear fuel design and core management at General Electric's San Jose nuclear headquarters.

de la complejidad de la disciplina. Mientras se hallan en la residencia los cursillistas trabajan en la organización de ingeniería o fabricación en calidad de miembros del equipo de General Electric. Más de 300 ingenieros, especialistas y directores de equipo nuclear extranjero y proveedores de combustible han completado cursos de adiestramiento en el ámbito de las Operaciones de Energía Nuclear de General Electric.

El segundo mecanismo de transferencia lo constituye el asesoramiento técnico. Los técnicos especialistas están disponibles para cualquier tipo de consulta con los asociados, para explicar e interpretar la documentación técnica y asegurarse de que no sólo conozcan cómo diseña General Electric su reactor, sino también por qué.



Una parte fundamental del programa de transferencia de tecnología lo constituye el asesoramiento. Los especialistas de General Electric están disponibles para la consulta con sus asociados técnicos en cualquier aspecto de la tecnología, mediante conferencias o adiestramiento individual.

While in residence, the trainee works in the engineering or manufacturing organization as a member of the General Electric team. In excess of 300 engineers, specialists, and managers from overseas nuclear power equipment and fuel suppliers have completed on-the-job-training assignments within General Electric's Nuclear Energy Operations.

The second transfer mechanism is technical consultation. General Electric's technical specialists are available to consult with our associates to explain and interpret the technical documentation and to make certain that they know not only how General Electric goes about designing its reactor but also why.



A major medium of the technology transfer program is consultation. General Electric's specialists are available to consult with its technical associates in any aspect of the technology using a lecture forum or as individual coaching.

El tercer mecanismo de transferencia lo constituye la transmisión de documentos; todos los planos, especificaciones, informes técnicos, programas informáticos y otro material escrito utilizado por General Electric en el diseño y suministro de productos del campo nuclear que se especifiquen en el acuerdo de transferencia de tecnología. En general, un conjunto completo relacionado con un acuerdo de transferencia de tecnología de fabricación o diseño se compondría de más

The third transfer mechanism consists of documentation transmittal of all drawings, specifications, technical reports, computer programs, and other written material used by General Electric in the design and supply of nuclear-related products specified in the technology transfer agreement. Typically, a complete package associated with a design or manufacturing technology exchange agreement would probably be comprised of well over 250,000 individual documents.

La transferencia de documentación de ingeniería, sobre la que se basan sus productos, realizada por General Electric, permite que sus asociados técnicos se mantengan al día en lo referente a los últimos desarrollos y cambios en el diseño de equipo y centrales BWR.



General Electric's transfer of engineering documentation supporting its product lines allows its technical associates to keep abreast of the latest developments and changes in BWR plant and equipment design.

de 250.000 documentos individuales. Usualmente la mayor parte de esta entrega de documentos se produce durante las fases iniciales de un programa de intercambio tecnológico. Dependiendo de las actividades técnicas que deseen establecerse en la infraestructura del receptor, se puede realizar una entrega secuencial de documentos, para favorecer una asimilación más productiva de la información técnica.

RESULTADOS Y EVOLUCION DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA BWR

Desde que se firmaron los primeros acuerdos de intercambio de tecnología BWR con Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft AG (AEG) de Alemania, Hitachi Limited y Toshiba Corporation de Japón, y AMN Impianti Termici e Nucleari, S.p.A. (AMN) de Italia, General Electric ha cumplido un cuarto de siglo de éxitos en la transferencia de sus programas nucleares «know-how» para el desarrollo de otros proveedores de centrales nucleares. Estos programas de transferencia de tecnología no sólo incluían el amplio paquete de información para el diseño y suministro de sistemas de energía nuclear completos, sino que también incluían información técnica específica centrada en la fabricación de componentes individuales, como el acuerdo entre General Electric y Kobe Steel, en Japón, para la fabricación de tubos de Zircaloy para las varillas de combustible nuclear. Este aspecto de los programas de General Electric ofrece una mayor flexibilidad para las organizaciones industriales que deseen integrar ciertas actividades nuevas en funciones ya establecidas.

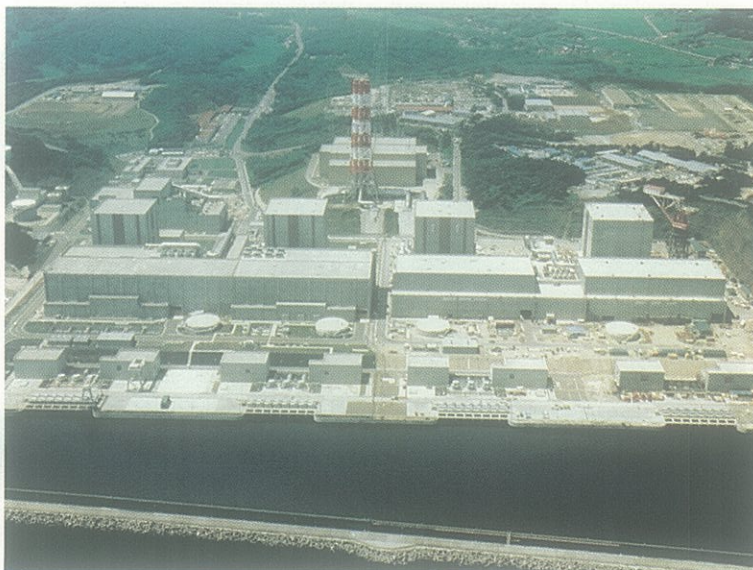
Un magnífico ejemplo del éxito de la transferencia de tecnología es Japón, donde la mayor central nuclear en operaciones del mundo —la central Fukushima Daiichi, de 4.696 MWe— emplea seis unidades BWR. General Electric y sus asociados técnicos Toshiba y Hitachi, suministraron estas unidades. El proyecto Fukushima comenzó como una sola planta —una unidad de 439 MWe— y creció hasta simbolizar la cooperación internacional mediante la transferencia de una sofisticada tecnología entre países. La segunda instalación de Fukushima, conocida como Fukushima Daini, está situada a 80 kilómetros de la primera. Fukushima Daini utiliza cuatro unidades BWR de 1.100 MWe, todas ellas suministradas por Hitachi y Toshiba. A principios de 1985 se sincronizó la tercera unidad por primera vez, justo 51 meses después del inicio de su construcción.

Usually, the major portion of this document submittal occurs during the early periods of a technical exchange program. Depending on technical activities desired to be established within the recipient's infrastructure, a sequential approach for document submittal can be implemented to permit a more productive assimilation of technical information.

RESULTS AND EVOLUTION OF BWR TECHNOLOGY TRANSFER

Since the early BWR technology exchange agreements were signed with Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft AG (AEG) in Germany, with Hitachi Limited and Toshiba Corporation in Japan, and with AMN Impianti Termici e Nucleari, S.p.A. (AMN) in Italy, General Electric has compiled a quarter century of successful transfer of its nuclear related know-how to develop other suppliers of nuclear power plants. These technology transfer programs not only encompassed the vast package of information for the design and supply of complete nuclear power systems, but also included specific technical information arrangements focused on the manufacture of individual components, such as the agreement between General Electric and Kobe Steel in Japan for the production of Zircaloy tubes for nuclear fuel rods. This aspect of General Electric's programs offers a wider flexibility for the industrial organizations which might desire to integrate certain new activities into already established roles.

A prime example of the success of technology transfer is in Japan, where the world's largest operating nuclear installation —the 4696 MWe Fukushima Daiichi station— employs six BWR units. These units were furnished by General Electric and its technical associates, Toshiba and Hitachi. The Fukushima project began as a single plant —a 439 MWe unit— and grew to symbolize the international cooperation through the transfer of a sophisticated technology between nations. The second site of Fukushima, known as Fukushima Daini, is located just 80 kilometers from the first Fukushima site. Fukushima Daini employs four 1,100 MWe BWR units, all of which are provided by Hitachi and Toshiba. Earlier in 1985, the third unit achieved its first synchronization in just 51 months after start of construction.



La primera unidad de Fukushima Daini (en la foto la primera unidad a la izquierda) impresionó a la comunidad industrial nuclear en 1983-84, al conseguir el nuevo récord de 400 días de funcionamiento continuado.

Fukushima Daini's first unit (appearing in the photo as the first unit on the left) impressed the nuclear industrial community in 1983-84 by setting a new record of 400 days of uninterrupted operation.

El diseño de los reactores de agua en ebullición fue concedido a dos empresas japonesas, Toshiba Corporation e Hitachi, Ltd. en 1967, y a través de estas licencias la capacidad de fabricación japonesa se desarrolló rápidamente y adquirió la cualificación necesaria para suministrar componentes de grado nuclear.

BWR design was licensed to two Japanese firms, Toshiba Corporation and Hitachi, Ltd. in 1967, and through these licenses Japanese manufacturing capability was quickly developed and qualified to provide nuclear grade components.

Entre las dos, Toshiba e Hitachi, son responsables de 16 unidades BWR en Japón, que se hallan en operación o en fase de diseño y construcción. Además, ambas empresas han realizado y continúan realizando contribuciones técnicas para la seguridad y eficacia del diseño básico de reactores de agua en ebullición.

También se han establecido compañías para empresas conjuntas (de propiedad compartida) entre General Electric y compañías privadas de Japón. La Empresa de Combustible Nuclear (JNF), una compañía para empresas conjuntas constituida por G.E., Toshiba e Hitachi, se dedica a la fabricación del conjunto combustible BWR. La capacidad de la planta JNF se duplicó en 1985, convirtiéndola en una de las instalaciones de fabricación de combustible más modernas y de mayor tamaño del mundo.

Between them, Toshiba and Hitachi are responsible for 16 BWR units in Japan which are either operating or under design and construction. In addition, both firms have made and are continuing to make technical contributions to the safety and efficiency of the basic BWR design.

Joint ventures companies (shared ownership in new firms) also have been established between General Electric and private firms in Japan. Japan Nuclear Fuel Company (JNF), a joint venture company among GE, Toshiba and Hitachi, is engaged in the fabrication of BWR fuel assemblies. The capacity of the JNF plant doubled in 1985 making it one of the largest and most modern fuel fabrication facilities in the world.

JNF, situada en Kurihama, Japón, pertenece conjuntamente a General Electric, Hitachi y Toshiba.



Located in Kurihama, Japan, JNF is jointly owned by General Electric, Hitachi, and Toshiba.

En España existe un ejemplo de cómo ha aumentado la cooperación técnica a consecuencia de los acuerdos de transferencia de tecnología de General Electric. Desde que ENUSA y General Electric entraron en el campo de diseño de combustible y licencia de fabricación, 15 ingenieros de ENUSA han sido adiestrados en las áreas de diseño de combustible nuclear, diseño del núcleo, gestión del núcleo y licencias. Además, General Electric ha ayudado a ENUSA en el diseño de su instalación de combustible mediante adiestramiento, consultas y transferencia de documentos. En el pasado, General Electric y ENUSA formaron equipo en una labor conjunta, en la que ENUSA realizó análisis nuclear de recargas y actividades relacionadas con las licencias y General Electric fabricó el combustible. El futuro combustible para reactores BWR será fabricado por ENUSA en sus instalaciones de Juzbado.

In Spain, there exists an example of how a more enhanced technical cooperation has resulted from General Electric's technology transfer arrangements. Since ENUSA and General Electric entered into the fuel design and fabrication license, 15 of ENUSA's engineers have been trained in the area of nuclear fuel design, core design, core management and licensing. In addition, General Electric has assisted ENUSA in its fuel plant design through training, consultation, and document transfer. In the past, General Electric and ENUSA teamed-up in a joint venture arrangement where ENUSA performed reload nuclear analysis and licensing activities and General Electric fabricated the fuel. Future BWR fuel will be fabricated by ENUSA in its Juzbado Fuel Manufacturing facility.

La instalación para Fabricación de Combustible de Juzbado, de ENUSA, se halla situada a 25 kilómetros de Salamanca, en España.

