

00.70.02
Ej 1

PROCEEDINGS SERIES

NUCLEAR ENERGY COSTS AND ECONOMIC DEVELOPMENT

PROCEEDINGS OF A SYMPOSIUM ON
NUCLEAR ENERGY COSTS AND ECONOMIC DEVELOPMENT
HELD BY THE
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
IN ISTANBUL, 20 - 24 OCTOBER 1969

Comisión Nacional de Energía Atómica
BIBLIOTECA

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
VIENNA, 1970

ANALISIS DE LA EXPERIENCIA ARGENTINA EN SU CENTRAL NUCLEAR EN CONSTRUCCION

B.J. CSIK
Comisión Nacional de Energía Atómica,
Buenos Aires, Argentina

Abstract -- Resumen

EXPERIENCE GAINED IN CONSTRUCTING ARGENTINA'S NUCLEAR POWER STATION. The planning and construction of the Atucha Nuclear Power Station, which is expected to be put into operation in 1972, has been analysed from the economic and financial point of view. Comments are made on the methods and criteria used and the results obtained in the stages prior to starting the work. Details are given of the installation cost of the station, the contribution made by Argentine industry and the effect on the technological development of the country.

ANALISIS DE LA EXPERIENCIA ARGENTINA EN SU CENTRAL NUCLEAR EN CONSTRUCCION. Se analiza la planificación y la construcción desde el punto de vista económico-financiero de la Central Nuclear en Atucha, en construcción, que entrará en servicio en 1972. Se comentan la metodología empleada, criterios aplicados y resultados obtenidos en las etapas previas a la iniciación de la obra. Se dan detalles referentes al costo de instalación de la central, como así también a la participación de la industria nacional y sus repercusiones en el desarrollo tecnológico del país.

A unos 100 km al noroeste de Buenos Aires, cerca de la localidad de Atucha, se encuentra en construcción la primera central nuclear de la República Argentina, que a su vez es la primera de América Latina y del hemisferio sur. La obra se adjudicó, llave en mano, a la firma Siemens AG de la República Federal de Alemania, planeándose su entrada en servicio comercial para el mes de junio de 1972. La central tendrá una potencia de 319 MW(e) netos, que se generarán por medio de un reactor del tipo uranio natural, moderado y refrigerado por agua pesada, con recipiente único de presión.

Los estudios previos realizados, las tareas y análisis que llevaron a la adjudicación de la obra, como así también los resultados obtenidos desde la iniciación de la misma, brindan a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), y por su intermedio al país, cierta experiencia en materia económico-financiera, la que se comentará a continuación.

1. PLANIFICACION DE LA CENTRAL ATUCHA

La CNEA, desde su formación, realiza estudios técnico-económicos de carácter general y preliminar, tendientes a determinar la eventual conveniencia de instalar centrales nucleares en el país. Estos estudios culminan en el año 1964 con la preparación de un trabajo presentado a la Tercera Conferencia internacional para la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos, Ginebra (A/CONF. 28/P/715), que resume los resultados obtenidos hasta entonces. En sus conclusiones, dicho trabajo plantea la factibilidad de considerar la instalación de una central nuclear de unos

350 MW(e) de potencia para el abastecimiento del Gran Buenos Aires-Litoral, basada principalmente en la necesidad de instalar centrales térmicas en esta zona de alto costo del combustible fósil y en las características del sistema eléctrico interconectado. En cuanto al problema de la financiación, dicho trabajo anticipa que la obtención de facilidades crediticias exteriores encaminadas específicamente a la instalación de una central nuclear, puede tener carácter determinante en la política energética del país.

En enero del año 1965, el Poder Ejecutivo encomienda a la CNEA la realización de un «Estudio de preinversión de una central nuclear para el suministro de electricidad al área Gran Buenos Aires-Litoral», proveyendo los fondos - 88 millones de pesos, equivalentes a unos US\$ 600 000 - para su financiación.

El estudio de preinversión, que se publica en mayo de 1966, analiza el proyecto y llega a resultados favorables en cuanto a su factibilidad técnica, conveniencia económica y viabilidad financiera.

Para la evaluación económico-financiera del proyecto se recurre a la información publicada, ampliada por consultas realizadas con entes internacionales tales como el OIEA y el Euratom, con entes nacionales (Comisión de Energía Atómica) y firmas comerciales de la industria nuclear. Los datos obtenidos se elaboran adecuándolos a las condiciones locales de la ubicación seleccionada, comparándose - para establecer las condiciones de competitividad de la central nuclear - los costos resultantes con los de una central térmica convencional equivalente, que se supone de igual potencia y que se operarí en iguales condiciones.

Se reconoce en el estudio que la metodología no es la más adecuada, ya que no tiene en cuenta la mutua influencia entre la unidad nuclear o respectivamente convencional que se instale y el sistema eléctrico al que la misma se integre, pero los resultados - favorables a la central nuclear - se aceptan como suficientemente aproximados para los fines perseguidos en esta etapa de la realización del proyecto.

Con la presentación del estudio de preinversión se inicia un período de consultas que dura algo más de un año y que termina con la recepción de ofertas.

Durante esta etapa, el informe de preinversión es analizado por las autoridades del país y es complementado en febrero-mayo 1967 por la realización de un estudio (Secretaría de Estado de Energía y Minería - CNEA) que contempla la integración de la central nuclear al sistema eléctrico interconectado del Gran Buenos Aires-Litoral (GBA), analizándose la influencia del equipamiento nuclear y respectivamente convencional equivalente sobre la operación y explotación del sistema y viceversa.

Se despacha la carga año por año (por computadora), y empleando el método del valor presente se calculan los costos, gastos y desembolsos, previa determinación de los parámetros técnico-económicos pertinentes e hipótesis de financiación. Los resultados que se obtienen confirman las conclusiones del estudio de preinversión.

Paralelamente, se solicitan y se obtienen preofertas de las firmas constructoras de centrales nucleares, que contienen descripciones técnicas, precios y condiciones de financiación «sin compromiso», como así también las condiciones económicas de explotación previsibles (en particular el costo estimado del ciclo de combustible). Esta información posibilita a la CNEA ajustar sus cálculos económico-financieros y completar los elementos

de juicio necesarios, con los que se logra obtener la decisión del gobierno de fijar fecha - 31 de julio de 1967 - para la recepción de ofertas firmes.

Durante esta etapa de la evolución del proyecto se ha podido comprobar que:

- a) La CNEA, a pesar de tratarse de un tema en el que prácticamente no disponía de experiencia previa, pudo realizar bajo su propia dirección y con su propio personal, salvo la contratación para tópicos especiales de algunos asesores externos, las tareas y estudios preliminares a la recepción de las ofertas. Esto indudablemente contribuyó a la capacitación de sus cuadros técnico-científicos, facilitando su labor tanto para la realización de las siguientes etapas de este proyecto, como para la preparación de otros proyectos posteriores.
- b) Los organismos internacionales y nacionales de energía nuclear se han mostrado sumamente dispuestos a prestar toda la asistencia técnica que se les solicitaba.
- c) En cuanto a la financiación del proyecto se encontró, en general, buena disposición por parte de los entes financieros de carácter nacional o privado.
- d) Las firmas comerciales, que no tenían dificultades para suministrar la información técnica que se les pedía, se mostraron reticentes para proporcionar datos económicos detallados. Esto último dificultó las tareas de elaboración de costos discriminados, calendarios de inversiones, distribución de gastos en moneda nacional y divisas y la adecuación de los valores - que en prácticamente todos los casos eran válidas para las condiciones vigentes en los países de origen de las firmas - a las condiciones argentinas.
- e) La interpretación del costo de instalación en función del volumen de suministros, tanto para centrales nucleares como para la convencional equivalente, causó dificultades. A pesar de que la información respectiva se pedía y se obtenía «todo incluido, llave en mano», la lista de excepciones, diferente según las fuentes, resultó voluminosa. Terreno, adiestramiento de operadores, obras de acceso, toma de agua, playa de maniobras, transformadores de salida y arranque, intereses intercalares, depósito de combustibles, etc., son partidas típicas que no siempre se incluyen en la definición de «suministro total».
- f) A pesar de las dificultades observadas en la obtención, evaluación y adecuación de los datos y parámetros económico-financieros pertinentes, se pudo llegar a resultados que dentro de un margen de error adecuado y con un grado de aproximación suficiente, satisfacían el objetivo perseguido.

2. RECEPCION Y EVALUACION DE LAS OFERTAS

Contrariamente a la práctica usualmente seguida en otros tipos de proyectos energéticos, no se llama a formal licitación internacional con especificaciones detalladas, por no considerar ésta la metodología más adecuada para el proyecto. Se establecen contactos, se cursan invitaciones a las firmas que por su actividad y experiencia en el campo nuclear podrían presentar ofertas y se publica la noticia. Se suministra a las firmas intere-

sadas toda la información relativa al proyecto de que dispone la CNEA, en particular el estudio de preinversión, las características de la ubicación, estudios de suelos, relevamiento topográfico, análisis de agua, etc. Se definen la potencia de la planta [300 a 500 MW(e)], los tipos de reactor aceptables (AGR, BWR, GCR, HWR y PWR) y el tipo de oferta que se busca (llave en mano, con financiación).

El 31 de julio de 1967 se reciben 17 ofertas de 10 firmas, entre las que figuran las más importantes de los Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania, Canadá y Francia. Las propuestas incluyen centrales del orden de 300 y de 500 MW, en los cinco tipos de reactor especificados, con alternativas de uno o dos turbogeneradores.

Debido a la modalidad adoptada para la recepción de las ofertas, éstas contenían cláusulas que les asignaban carácter confidencial. Por tal razón, los precios respectivos, como así también toda otra información que no es de carácter público, reciben un trato reservado, no siendo posible su reproducción tampoco en este lugar. Sin embargo, resulta posible comentar en forma general algunos aspectos económico-financieros de estas ofertas, sin violar el carácter confidencial de las mismas.

- a) Como era de esperar, los precios unitarios correspondientes a las plantas del orden de 500 MW(e) resultaron inferiores a los de 300 MW(e), tratándose del mismo tipo de reactor. Tampoco constituyó novedad que los reactores con uranio natural requieren mayores inversiones que los que emplean uranio enriquecido, para unidades de la misma potencia, sucediendo lo inverso en lo que respecta al costo del ciclo de combustible.
- b) En cuanto a la componente del precio que se refería a los equipos a importar, las compañías ofertaban en firme mientras que la parte que correspondía a la contribución local en varios casos era una cifra estimada, mostrándose las compañías reticantes a tomar compromisos a ese respecto.
- c) Los precios ofertados eran cifras globales, o bien se hallaban distribuidos en algunos grandes rubros, tales como obra civil, reactor y auxiliares, componentes electromecánicos, montaje, transporte y seguro, grupo turbogenerador, no pudiéndose obtener una mayor discriminación.
- d) Los precios unitarios diferían en algunos casos por márgenes considerables de las cifras normalmente encontradas en publicaciones. Analizando las ofertas, se concluyó que tales diferencias se debían principalmente al volumen de suministro precisamente definido, en parte al hecho de que se trataba de una exportación y no una obra en el país de origen de las firmas, y finalmente, al mayor o menor grado de interés comercial de los oferentes.
- e) En general, las ofertas mejoraron las condiciones económico-financieras adoptadas en el estudio de preinversión.
- f) Las propuestas incluían, en forma opcional, ofertas para fabricar los elementos combustibles, tanto para la primera carga como para cargas posteriores, a precios firmes y con amplias garantías; en algunos casos las garantías se referían al costo total del ciclo de combustible, incluyendo la reelaboración de los elementos irradiados.
- g) La mayoría de las firmas acompañaron sus ofertas con sendas propuestas de financiación, que cubrían entre el 80% y el 100% del precio total incluyendo gastos en moneda local, con intereses entre

el 5½ y 6½% anual y plazos del orden de 20 a 25 años, incluyendo un periodo de gracia equivalente al tiempo de construcción de la central. En ningún caso se recurriría a financiamiento por parte de un ente internacional.

El análisis y la evaluación de las ofertas son realizados por un grupo de trabajo constituido a tal efecto en la CNEA, considerando que el número y naturaleza de los factores de evaluación y las importantes consecuencias políticas, económicas, financieras, técnicas y culturales de la elección exigen el ejercicio pleno y responsable de la capacidad propia de decisión.

En la evaluación económico-financiera de las ofertas, se tiene en cuenta el sistema eléctrico al que se agrega la central nuclear. Vale decir, se plantean los equipamientos con cada variante por analizar, más una alternativa con equipamiento exclusivamente convencional, que se adopta como referencia, estableciéndose similares condiciones para la satisfacción de la demanda del mercado eléctrico (abastecimiento de energía y potencia, seguridad de servicio, reserva); se despacha la carga año por año con el criterio de mínimo de combustible; se obtienen los factores de utilización de cada central en cada variante de equipamiento; se calculan los costos totales de combustible; se agregan los gastos de operación y mantenimiento y las cargas de capital y finalmente se calculan los costos totales de explotación del sistema. Los cálculos se realizan desde el punto de vista puramente económico, es decir considerando las inversiones económicas y también desde el económico-financiero, con la inclusión de la financiación de los gastos, lo que refleja los desembolsos reales por realizar. En ambos casos se utiliza el método del valor presente, obteniéndose las respectivas tasas de igualación con el equipamiento de referencia, que en prácticamente todos los casos resultan ser superiores al 8%, aceptado como límite inferior de competencia.

Se adoptan como elementos de juicio para establecer el grado de conveniencia económico-financiera de cada oferta los costos totales económicos y económico-financieros de explotación del sistema, las inversiones totales requeridas, el gasto en divisas y los desembolsos por realizar hasta la puesta en servicio de la central. Se ponderan como factores de evaluación complementarios la balanza de pagos y las relaciones económico-comerciales entre la República Argentina y los respectivos países de origen de los oferentes.

Completada la evaluación de las ofertas, las conclusiones se elevan a las autoridades competentes. El Poder Ejecutivo, basándose en lo propuesto por la CNEA y otros considerandos, autoriza por decreto del 20 de febrero de 1968 la adjudicación de la obra, con lo que se inicia la etapa de la construcción de la central nuclear en Atucha.

3. CONSTRUCCION DE LA CENTRAL

El precio aceptado de la central nuclear, que comprende su construcción, instalación y entrega como obra completa terminada funcionando en explotación garantizada, incluyendo los gastos de la financiación hasta la recepción, resulta ser de 280 millones DM (equivalente a unos 70 millones de dólares). Se financia el 100% de este monto a 25 años, con 5 años de gracia y el 6% de interés anual. Este precio es firme pero no fijo, ya que quedará afectado por las fórmulas de reajuste que contemplan even-

tuales variaciones que puedan producirse en el costo de materiales y mano de obra, tanto en la Argentina como en Alemania, como así también eventuales modificaciones futuras del tipo de cambio vigente.

El precio arriba citado no comprende la adquisición del agua pesada y la primera carga de combustible, como así tampoco los gastos correspondientes a las siguientes partidas provistas en forma directa por el comprador:

- terreno;
- obras de acceso provisorias y definitivas;
- abastecimiento de agua potable y para la construcción;
- provisión de energía eléctrica durante la construcción;
- instalaciones de teléfonos y teletipo;
- sala de primeros auxilios en la obra;
- vigilancia de la obra;
- alojamiento para el personal directivo del contratista;
- equipos móviles para la extinción de incendios;
- obras para conectar la central con la red eléctrica a partir de los bornes de alta tensión de los transformadores de salida;
- equipos de medición portátiles para la protección contra la radiación;
- personal de servicio a partir de la puesta en marcha;
- derechos de aduana, derechos consulares, impuestos en la Argentina originados por la obra;
- equipos de laboratorio y taller, herramientas, gafas de protección, vehículos de transporte para el servicio normal de la central;
- equipos de las oficinas y laboratorios, vestuarios, cocinas y comedores;
- entrenamiento en la Argentina del personal de operación de la central y salarios correspondientes.

Las 300 t de agua pesada necesarias para la operación de la central se adquirieron de la USAEC en mayo 1969, al precio de 28,50 US\$/lb, o sea por un monto total de US\$ 18 852 750, sin incluir intereses. Dicho monto es financiado por el Export-Import Bank de los Estados Unidos (71%) y el FNCB (29%), a 10 años de plazo con tres de gracia y aproximadamente al 6% de interés anual.

El uranio necesario para la primera carga (38,6 t) será de provisión nacional, fabricándose los elementos combustibles en Alemania. El costo total, incluidos los gastos de financiación hasta la puesta en marcha de la central, se estima en el equivalente a US\$ 3 000 000.

Los gastos correspondientes a las partidas provistas en forma directa por el comprador según la lista arriba mencionada, los gastos de administración propios, los de control, inspección y recepción de la obra, los gastos de construcción de un barrio para alojar a los operadores de la central y otros adicionales e imprevistos, posiblemente llegarán a representar un monto total equivalente a unos 10 millones de dólares.

En resumen, el costo de la central en funcionamiento será probablemente del orden del equivalente a 105 millones de dólares sin contar los eventuales reajustes. Esto significa casi 330 US\$/kW instalado, pero incluye todos los costos, gastos y desembolsos hasta donde se los puede calcular en el presente.

Es de notar que el costo básico de la obra «llave en mano», sin el agua pesada, primera carga de combustible, gastos adicionales del comprador e intereses intercalares, resulta del orden de los 195 US\$/kW, cifra que se

acerca mucho más a los frecuentemente citados en las publicaciones, pero que no corresponde al concepto de «suministro total» aquí adoptado.

La distribución porcentual del costo en los principales rubros sería aproximadamente la siguiente:

Provisión de elementos electromecánicos	34%	
Obras civiles	14%	
Montaje y puesta en marcha	8%	
Repuestos	2%	
Transporte	2%	
		60%
Subtotal		
Agua pesada	18%	
Primera carga	3%	
Servicios del comprador	8%	
Intereses intercalares	11%	
		40%
Subtotal		100%

La política adoptada por la CNEA asigna un papel importante a la intervención de la industria y los técnicos argentinos en la obra, tratando de facilitar la misma por todos los medios a su disposición.

La contribución de la industria argentina a la realización de las obras civiles representará prácticamente el 90% de las mismas; del monto correspondiente al montaje, el 60% se gastará en el país; más de la mitad del gasto en transporte se hará en moneda nacional; los servicios del comprador involucran tareas que en su gran mayoría no requieren gastos en divisas, estimándose en consecuencia la proporción nacional para este rubro en el 80% del mismo; la Argentina contribuirá con el uranio para la primera carga, lo que representa un orden del 30% de su costo; en cuanto a los rubros correspondientes a la provisión de elementos electromecánicos y repuestos, la contribución de la industria local, aunque relativamente reducida en el monto - del orden del 15% - es importante por su impacto en el desarrollo tecnológico del país. La adquisición del agua pesada y el gasto que representan los intereses intercalares, por otra parte, se realizan íntegramente en divisas.

La contribución argentina a la obra equivale a algo más que el 30% del costo «total» de la central. Sin considerar el costo del agua pesada y los intereses intercalares, los gastos en moneda nacional representan el 43% del costo, proporción que se estima será incrementada en futuras centrales nucleares por instalar en el país.

Intensificando la contribución de la industria nacional, no sólo se persiguen las finalidades de crear fuentes de trabajo y ahorrar divisas, sino también las de contribuir a la transformación tecnológica del país, elevando el nivel técnico de la industria convencional y abriendo nuevos mercados para una actividad altamente especializada, cuyo desarrollo será cada vez más importante y que involucra la preparación de una industria de componentes nucleares.

Respecto a este último aspecto, son dignos de mención dos proyectos actualmente en desarrollo, vinculados con la Central Atucha. Uno es la instalación de una planta de producción de agua pesada. La fábrica de elementos combustibles abastecerá con combustible a la Central Atucha, previéndose en su diseño la ampliación de su capacidad; la planta de agua pesada producirá del orden de 10 a 15 toneladas por año, siendo su principal

finalidad reponer las pérdidas de dicho material que se producirán durante la operación de la central. Respecto a este último proyecto, dada la capacidad relativamente reducida de la planta, no se espera obtener un costo de producción competitivo con los precios actuales y previstos en el mercado internacional. Sin embargo, considerándolo como un proyecto de desarrollo, los beneficios que se obtendrán de su instalación y operación, justifican - a criterio de la CNEA - las inversiones requeridas. Ambos proyectos proveerán un servicio esencial para el funcionamiento de la Central Atucha y contribuirán a la formación de la industria nuclear argentina.

El incremento en el nivel de la producción de uranio - a costos competitivos - y la formación de otras industrias nucleares complementarias, completará a corto plazo la implantación de una industria nucleoelectrónica en el país, cuyas consecuencias para el futuro desarrollo de la Argentina se considerarán de real importancia.

DISCUSSION

J. SPITALNIK: If it were necessary to make a choice now, how would the revaluation of the Federal German mark affect the evaluation of the offers?

B. J. CSIK: This was not considered.

P. ESCLANGON: The contract between the Argentine customer and the German supplier is a turnkey contract, which means that the supplier has to furnish the equipment, install the station and put it into operation. Since the warranties associated with this type of contract differ from one market to another, I should like to ask whether you obtained warranties for power, consumption, efficiency and availability, and if so, under what conditions.

B. J. CSIK: These warranties were all asked for and obtained. The specific conditions attending them are of a confidential nature.

J. GAUSSENS: Is the 8% discount rate which you mentioned obtained on the basis of comparison with a conventional fuel-oil station?

B. J. CSIK: Yes. We took fuel-oil stations for the comparison between conventional and nuclear plant. The 8% discount rate was adopted as the lower limit. In most cases the discount rates for the nuclear plants compared with the conventional plant used as reference were higher than 8%. In the case of the offer accepted the rate was over 9%.

W. P. S. LEPECKI: What are the prospects for nuclear power in Argentina, especially in the Buenos Aires area, during the next 10 to 20 years?

B. J. CSIK: In the Greater Buenos Aires area it is expected that the power requirements until 1978 can be met by the Chocón-Cerros Colorados hydro-electric project (1650 MW(e)), together with the Atucha Station and other conventional thermal units now being built. Afterwards, almost another 500 MW(e) a year should be supplied by new nuclear and hydro-electric stations. No big thermal stations are at present being planned.

R. KRYMM: To what extent do you think that the selection of a heavy-water plant for the first nuclear power station in Argentina will affect the choice of future nuclear plants in your country?

B. J. CSIK: We have acquired only one nuclear station, not a series of stations of the same type. I think each project will have to be evaluated on its own and the choice will depend on the offers received.

F. BELOT: Did you penalize the Atucha Station for the increased reserve capacity required and the fact that difficulties may occur during the first years of operation?

B. J. CSIK: Yes. In making the comparison the Atucha Station was penalized for the greater reserve capacity it required as the biggest unit in the system. A single reserve criterion was adopted for all the installations being compared, namely a capacity equivalent to that of the biggest unit in the system plus 5% of the maximum demand.