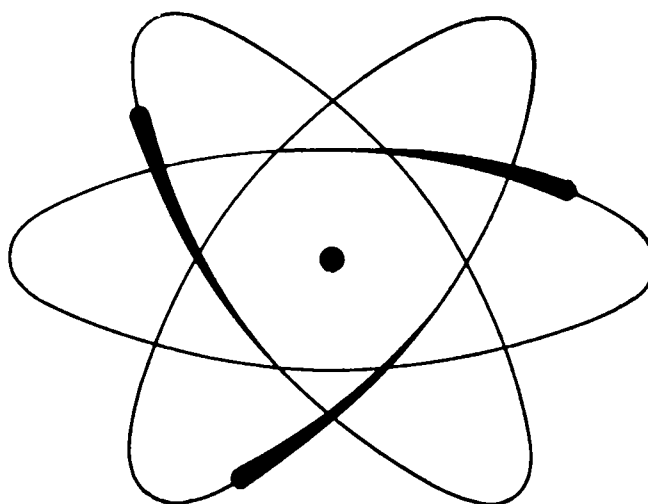


REPUBLICA ARGENTINA

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| C.N.E.A. Biblioteca   |             |
| ARCHIVO PUBLICACIONES |             |
| Nº<br>1               | AÑO<br>1969 |

COMISION NACIONAL  
DE ENERGIA ATOMICA

PARA LA

EMPRESA PROVINCIAL  
DE ENERGIA DE CORDOBA

1968

# ESTUDIO DE PREINVERSION

CENTRAL NUCLEAR  
PARA LA PROVINCIA DE CORDOBA

*SINTESIS GENERAL*

REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

PARA LA

EMPRESA PROVINCIAL DE ENERGIA DE CORDOBA

ESTUDIO DE PREINVERSION

CENTRAL NUCLEAR

PARA LA PROVINCIA DE CORDOBA

SINTESIS GENERAL

1968

La presente síntesis constituye el primero de los ocho capítulos del informe técnico-económico-financiero que se preparó en cumplimiento del contrato suscripto entre la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) el día 6 de noviembre de 1967, por el cual EPEC encomendó a CNEA la ejecución de un ESTUDIO DE PREINVERSION DE UNA CENTRAL NUCLEAR PARA EL SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD A LA PROVINCIA DE CORDOBA.

Según los términos del contrato, la CNEA asumió la responsabilidad de dirigir y realizar el Estudio, excepto la parte correspondiente al estudio del mercado y sistema eléctrico de la Provincia de Córdoba, que fue de exclusiva responsabilidad de EPEC.

Para la realización del Estudio, la CNEA constituyó, bajo la responsabilidad del Comité "Centrales Nucleares", un equipo especial de trabajo, el que contó con la colaboración de otros sectores de dicho organismo, así como de especialistas, organismos y empresas argentinas y extranjeras. Por su parte, conforme a los términos contractuales, EPEC también designó un grupo profesional para colaborar con el equipo de la CNEA.

## ESTUDIO DE PREINVERSION

### CENTRAL NUCLEAR PARA LA PROVINCIA DE CORDOBA

#### SINTESIS GENERAL

##### I - RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CONCLUSIONES

La central nuclear, objeto del presente estudio de preinversión, a la que se denominará en adelante "Central Nuclear Córdoba" (CNC) tiene por finalidad proveer a la Provincia energía eléctrica generada por vía nuclear, en condiciones económicamente competitivas, respecto de las que pueden obtenerse utilizando combustibles convencionales.

De acuerdo con el estudio efectuado del mercado de la Provincia de Córdoba (capítulo 3), la demanda de energía eléctrica durante el período 1968-1980, crecerá con un ritmo del 10% anual acumulativo. Para satisfacer esta demanda creciente, la potencia eléctrica instalada tendrá que duplicarse aproximadamente cada 7-8 años.

El equipamiento previsto y planificado por la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) cubre los requerimientos del mercado hasta el año 1973; posteriormente a esta fecha se deberá proveer energía por otras fuentes.

El aporte de la energía hidroeléctrica local, importante a la fecha, podrá ser incrementado solamente en forma reducida en el futuro, dado el alto grado de aprovechamiento de los recursos hidráulicos existentes en la zona. La magnitud de los nuevos aportes hidráulicos potenciales es del orden del incremento de la demanda de un solo año. En consecuencia, la creciente demanda de energía eléctrica de la Provincia - descontando posibles abastecimientos provenientes de otras zonas del país - tendrá que ser satisfecha prácticamente en su totalidad por centrales térmicas, convencionales o nucleares.

La Provincia de Córdoba no tiene recursos locales de combustibles fósiles (petróleo, gas o carbón). Para abastecerse de combustible convencional, debe recurrir al proveniente de otras zonas del territorio nacional, con importantes erogaciones en concepto de transporte.

El sistema eléctrico de Córdoba se encuentra aislado de los demás sistemas del país. En el caso de conectarse el sistema con otros, podría considerarse la posibilidad de intercambiar energía eléctrica con otras regiones. La evaluación de la eventual conveniencia económica de esta alternativa, requiere realizar los correspondientes estudios de preinversión, los que se encuentran fuera del alcance del presente estudio.

La experiencia en el campo internacional ha demostrado que las centrales nucleares son seguras, económicas y eficientes. En la actualidad las centrales nucleares se han incorporado en forma definitiva a la realidad industrial de numerosos países, inclusive el nuestro.

Por decreto N° 749, de fecha 20 de febrero de 1968, el Gobierno de la Nación autorizó a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) a contratar la instalación de una central nuclear cuya potencia eléctrica neta será de 319 MW, con reactor de combustible uranio natural, moderado por agua pesada. La central se instalará en Atucha, Provincia de Buenos Aires, a orillas del río Paraná de Las Palmas. A la fecha del presente informe las obras correspondientes se encuentran en ejecución, esperándose la entrada en operación comercial de la central, para junio de 1972.

Con el objeto de analizar cuál puede ser la contribución de una central nuclear para satisfacer el creciente requerimiento de energía eléctrica de la Provincia de Córdoba, se han estudiado los aspectos técnicos, económicos, financieros, sanitarios, jurídicos y sociales inherentes a la instalación y operación de la CNC. En lineamientos generales, se ha seguido la metodología empleada en el "Estudio de Preinversión de una Central Nuclear para la Zona del Gran Buenos Aires-Litoral", que fué realizado por la CNEA en los años 1965-66 y que sirvió de base para la realización de la Central Nuclear Atucha. También se ha aprovechado la experiencia adquirida en la realización de las etapas subsiguientes al estudio de preinversión del proyecto Atucha.

La fecha más próxima en la que la CNC podría comenzar a contribuir al abastecimiento del mercado eléctrico de Córdoba, resulta ser el año 1974, en función del tiempo requerido para la realización del proyecto.

Se determinó la magnitud de la central eléctrica que el sistema de Córdoba admite a partir de la fecha mencionada. La misma resultó ser del orden de los 150 MW como máximo, siendo la potencia de la unidad mayor puesta en operación antes de esa fecha - de acuerdo a los planes de equipamiento de EPEC - del orden de los 75 MW. En consecuencia, los estudios comparativos abarcaron potencias en el rango de 75 a 150 MW eléctricos netos.

Los siguientes fueron los tipos de reactor considerados para la CNC, seleccionados teniendo en cuenta principalmente la experiencia disponible y la economía del tamaño de la unidad:

- a) Reactores moderados por agua natural, en dos variantes, ambas alimentadas por uranio enriquecido. Una variante emplea como refrigerante el agua natural hirviendo (BWR) y la otra el agua natural a presión, sin ebullición (PWR).
- b) Reactores moderados por agua pesada, en cuatro variantes. Dos de ellas alimentadas por uranio natural, siendo el refrigerante en ambos casos el agua pesada a presión. Una de éstas tiene recipiente único de presión (PHWR) y la otra tiene tubos de presión (HWR). Las otras dos variantes emplean normalmente como combustible el uranio enriquecido, siendo el refrigerante en una, el agua natural en ebullición (SGHWR) y en la otra una mezcla de agua pesada y agua natural, al igual que el moderador (Vulcain).

Las principales conclusiones técnicas de este estudio, válidas en el rango considerado de potencias y para cualesquiera de los tipos y variantes indicados más arriba, son:

- 1) Se requieren aproximadamente 55 meses para la construcción, habilitación y puesta en marcha de la CNC, a partir de la adjudicación de la obra.
- 2) El sistema eléctrico de la Provincia de Córdoba podrá admitir a partir de 1974, la incorporación de la CNC, si se cumple el plan de equipamiento previsto por EPEC.
- 3) Una vez instalada, la CNC podrá funcionar - durante su vida útil - con similar grado de eficiencia, disponibilidad y seguridad que una central térmica convencional equivalente.
- 4) Desde el punto de vista de la salud y seguridad de sus operadores y de la población, la CNC ofrece garantías similares a las de otras instalaciones industriales. El riesgo nuclear se mantendrá dentro de límites internacionalmente adoptados y aceptados.
- 5) La ubicación más favorable para la instalación de la CNC resultó ser a orillas del Embalse Los Molinos, a unos 55 km al sudoeste de la Ciudad de Córdoba.

Las conclusiones generales del análisis comparativo del sistema eléctrico con un equipamiento convencional-nuclear frente a uno exclusivamente convencional, en lo que se refiere a la competitividad económico-financiera del proyecto y para algunas de las variantes consideradas, son:

- 1) Es menor el gasto económico total y el costo de producción de energía eléctrica del sistema eléctrico con la CNC.
- 2) Los demás parámetros contemplados en la evaluación económica también demuestran la conveniencia de la instalación de la CNC.
- 3) El proyecto es financieramente sólido, sobre la base de las hipótesis de financiación adoptadas.

La Tabla 1-1 resume los resultados del estudio económico-financiero comparativo del sistema, y la Tabla 1-2 las características económicas principales de la CNC según las variantes analizadas.

TABLA 1-1

## SISTEMA INTERCONECTADO DE CORDOBA

## RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICO FINANCIERA

Periodo de Análisis 1969 - 1998

| RUBRO                                                                                                | VARIANTES DE EQUIPAMIENTO |       |         |       |        |       |        |       |       |       |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
|                                                                                                      | CONVENCIONAL              |       | NUCLEAR |       |        |       |        |       |       |       |        |
|                                                                                                      | 1.1                       | 1.2   | 2.1     | 2.2   |        | 2.3   |        | 2.4   |       |       |        |
|                                                                                                      |                           |       | HWR     | PHWR  | Vulcan | PWR   | Vulcan | PHWR  | PWR   | SGHWR | Vulcan |
| Costo total de producción actualizado - Análisis económico 8 %<br>( Millones U\$S )                  | 222,8                     | 217,5 | 227,2   | 250,7 | 215,1  | 214,6 | 214,0  | 254,0 | 213,6 | 210,8 | 219,5  |
| Costo total de producción actualizado - Análisis financiero 8 %<br>( Millones U\$S )                 | 220,0                     | 215,0 | 216,6   | 239,0 | 206,6  | 206,6 | 205,1  | 241,2 | 205,4 | 205,7 | 210,1  |
| Relación beneficio - costo<br>Análisis económico 8 %                                                 | 0,98                      | 1,00  | 0,96    | 0,87  | 1,01   | 1,01  | 1,02   | 0,86  | 1,02  | 1,03  | 0,99   |
| Inversión total del equipamiento en concepto de instalación<br>( Millones U\$S )                     | 101,2                     | 95,4  | 201,7   | 221,4 | 176,5  | 170,0 | 177,2  | 236,5 | 175,5 | 179,3 | 190,7  |
| Costo total de explotación (Operación y mantenimiento + Consumo de combustible)<br>( Millones U\$S ) | 549,4                     | 535,5 | 298,0   | 334,8 | 310,0  | 316,7 | 304,0  | 316,1 | 307,6 | 289,8 | 298,6  |
| Utilidad Acumulada<br>( Millones U\$S )                                                              | 241,8                     | 260,1 | 325,6   | 268,8 | 357,0  | 358,6 | 360,7  | 258,9 | 363,2 | 369,9 | 351,0  |

## VARIANTES DE EQUIPAMIENTO

1974 - 80

|                  |                                                             |
|------------------|-------------------------------------------------------------|
| CONVENCIONAL 1.1 | 2 x 75 MW + 2 x 120 MW + unidades de punta                  |
| CONVENCIONAL 1.2 | 3 x 120 MW + unidades de punta                              |
| NUCLEAR 2.1      | 3 x 125 MW (HWR) + unidades de punta                        |
| NUCLEAR 2.2      | 1 x 85 MW + 2 x 150 MW (PHWR o Vulcan) + unidades de punta  |
| NUCLEAR 2.3      | 1 x 100 MW + 2 x 150 MW (PWR o Vulcan) + unidades de punta  |
| NUCLEAR 2.4      | 3 x 150 MW (PHWR o PWR o SGHWR o Vulcan + unidades de punta |

TABLA 1 - 2

## PRINCIPALES CARACTERISTICAS ECONOMICO - FINANCIERAS DE LA

## CENTRAL NUCLEAR CORDOBA \*

| COSTO                                               | Conv.<br>120 MW | HWR<br>125 MW | PHWR<br>85 MW | Vulcan<br>85 MW | PWR<br>100 MW | Vulcan<br>100 MW | PHWR<br>150 MW | PWR<br>150 MW | SGHWR<br>150 MW | Vulcan<br>150 MW |
|-----------------------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|------------------|
| Instalación<br>( Millones U\$S )                    | 20,60           | 57,70         | 50,90         | 36,30           | 42,30         | 39,50            | 69,80          | 49,10         | 50,40           | 54,30            |
| Unitario de combustible<br>( mills / kWh )          | 5,84            | 0,94          | 2,25          | 1,59            | 1,58          | 1,53             | 1,53           | 1,48          | 1,28            | 1,44             |
| Unitario de producción actualizado 8% (mills / kWh) | 8,58            | 8,55          | 12,09         | 8,80            | 8,64          | 8,14             | 9,05           | 6,90          | 6,81            | 7,36             |

\* Se agregan a título informativo los valores correspondientes a la central convencional de 120 MW.

La realización de la CNC aportará también beneficios adicionales, difíciles de estimar cuantitativamente, haciendo sentir su impacto en la industria, ciencia, tecnología y vida económica provincial y nacional. En particular, es importante hacer resaltar el efecto favorable que producirá la CNC en el panorama de abastecimiento energético de esta Provincia, al emplear combustible nuclear para satisfacer una parte importante de la demanda de energía eléctrica.

En resumen:

La instalación de una central nuclear del orden de 85 a 150 MW de potencia para servir a la Provincia de Córdoba a partir de 1974 resulta ser factible desde el punto de vista técnico, conveniente desde el punto de vista económico y viable desde el punto de vista financiero.

## II - ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL ESTUDIO

Los tres rubros principales que comprende el estudio son:

- a) Características de la Provincia de Córdoba; recursos, demanda y abastecimiento energéticos; el mercado eléctrico, sus requerimientos y la manera de satisfacerlos (capítulos 2, 3 y 4).
- b) Aspectos técnicos y económicos del proyecto; la ingeniería del proyecto y el combustible nuclear; la ubicación de la CNC; el análisis económico del sistema eléctrico interconectado (capítulos 5, 6 y 7).
- c) Evaluación del proyecto, según el tipo de reactor que se considere; comparación económico-financiera de variantes de equipamiento; otros beneficios y programa de ejecución del proyecto (capítulo 8).

La Provincia de Córdoba cuenta con sustanciales recursos humanos, tecnológicos e industriales, ocupando el segundo lugar del país en orden de importancia, desde los puntos de vista de su desarrollo industrial y económico. Dispone de recursos energéticos hidráulicos con alto grado de aprovechamiento. También tiene recursos energéticos en cuanto a combustible nuclear, pero carece por completo de recursos de combustibles fósiles.

El abastecimiento de la demanda energética de la Provincia se realiza en la actualidad obteniendo combustible convencional - casi exclusivamente derivados del petróleo y gas - desde las zonas productoras del país o bien desde el exterior. Dicha situación se mantendrá en el futuro. Proyectando la demanda de combustibles convencionales de la Provincia y previendo la manera de satisfacer sus requerimien



tos, se puede deducir que dentro de pocos años - posiblemente durante la segunda mitad de la década del 70 - aparecerán ciertas dificultades. El transporte de combustible involucra erogaciones sustanciales que incrementan el costo de la energía de origen térmico convencional.

En cuanto al mercado eléctrico de la Provincia de Córdoba, muestra las siguientes características generales. Existe un sistema interconectado que satisface los requerimientos del mercado, sin evidenciarse déficit energético o de potencia instalada. En el servicio público, principalmente dos empresas, EPEC y A y E, abastecen el mercado. La segunda, en calidad de productora de energía eléctrica - en su totalidad de origen hidráulico - y la primera, EPEC, como productora y distribuidora hasta el consumidor. A y E vende a EPEC la mayor parte de su producción. La evolución de EPEC en el último decenio la llevó a ocupar actualmente el lugar de mayor importancia en la provincia entre las empresas de servicios eléctricos.

Se ha efectuado la proyección de la demanda de energía eléctrica del mercado hasta el año 1980. Para dicha proyección se han empleado diferentes métodos, la mayoría de los cuales utiliza relaciones entre la demanda de energía eléctrica y factores macro-económicos, tales como el producto bruto interno, consumo de combustibles o consumos energéticos. Basándose en la evolución histórica, se proyectó hacia el futuro, obteniéndose resultados concordantes en no menos de 18 proyecciones. Los valores así obtenidos demuestran un incremento de la demanda del orden del 10% anual acumulativo para el mercado eléctrico total y del 11,75% anual acumulativo para el sistema interconectado.

Para satisfacer los requerimientos del sistema eléctrico interconectado, caben distintas soluciones de equipamiento. Para su estudio se ha adoptado hasta el año 1973 el equipamiento planificado por EPEC, que incluye la instalación de algunas turbinas de gas y la ampliación de la central de Pilar. A partir de 1974, se han planteado diversas variantes. Dos de ellas contemplaron exclusivamente el equipamiento con centrales térmicas convencionales, adoptándose la mejor como término de referencia para la comparación de los estudios económicos y financieros de las variantes de equipamiento que incluyen la energía nuclear.

Empleando la información suministrada por eventuales proveedores, se han analizado nueve variantes de equipamiento nuclear. Con cada variante se ha preparado un programa hasta el año 1980. No obstante, el presente estudio se limita a tratar de encontrar la óptima solución de equipamiento para los años 74-75. Las hipótesis respecto a equipamientos posteriores a esta fecha podrán ser reexaminadas más adelante, analizándose también otras eventuales soluciones no tenidas en cuenta, tales como la ampliación de centrales hidroeléctricas, el empleo de centrales de acumulación por bombeo y la interconexión del sistema de la Provincia de Córdoba con otros sistemas del país.

En consecuencia, cada una de las variantes de equipamiento analizadas, debe tomarse únicamente como una posibilidad definida al sólo efecto de poder estudiar la operación del sistema desde los puntos de vista económico y financiero.

Del análisis del sistema eléctrico de la Provincia de Córdoba, se llegó a la conclusión que a partir del año 1974 serían admisibles unidades mayores de 75 MW, hasta un máximo de 150 MW. Por lo tanto, se ha estudiado la unidad nuclear para este orden de potencias.

Para el estudio de la ingeniería del proyecto se han seleccionado distintos tipos de reactor; los que fueron clasificados en dos grupos, según el moderador, a saber: los moderados por agua natural y los moderados por agua pesada. En el primer grupo se han examinado dos variantes y en el segundo, cuatro.

Se han establecido contactos con las firmas más importantes de la industria nuclear en el mundo, obteniéndose de ellas información técnica y económica de tallada referente al proyecto. Esta información ha sido analizada, llegándose a la conclusión de que técnicamente resulta ser factible la realización de la CNC con cualquiera de los tipos y variantes considerados.

En cuanto al combustible nuclear, de acuerdo al tipo de reactor considerado, sería uranio natural o enriquecido. El uranio natural podría ser íntegramente provisto por el país, que cuenta con adecuada capacidad de producción, mientras que el enriquecido tendría que ser importado del exterior. Cabe mencionar aquí la posibilidad que existe de reemplazar el uranio enriquecido con el plutonio producido en la Central Nuclear de Atucha, complementado con el producido en la misma CNC.

No se prevén problemas de orden legal para la CNC, ya que los aspectos legales novedosos que derivan de la utilización de la energía nuclear, ya fueron encarados para la primera central nuclear argentina, la Central de Atucha.

En el mismo sentido, aspectos tales como la formación de personal, seguridad nuclear, etc., cuentan con la ventaja de haber sido ya encarados en el proyecto Atucha. La experiencia adquirida y por adquirir en este último, facilitará en gran medida la realización de la CNC.

Sobre la base de un análisis detallado de posibles emplazamientos para la CNC, se ha seleccionado uno. La ubicación recomendada se encuentra a orillas del Embalse Los Molinos, a unos 55km al Sudoeste de la ciudad de Córdoba (figura 1-1). Los estudios del sistema eléctrico, geológicos, hidráulicos, de acceso y de seguridad radiológica, demostraron que la ubicación elegida es adecuada y cumple satisfactoriamente con todos los requerimientos que implica la instalación y operación de una central nuclear.

Para el análisis económico de la CNC se han considerado los datos suministrados por eventuales proveedores, las condiciones locales pertinentes, y el efecto causado por la integración de la central en el sistema eléctrico interconectado de Córdoba. Se ha realizado el despacho de carga económico comparativo por medio de computadora, para las diversas variantes de equipamiento planteadas. Sobre la base de dicho despacho, se ha analizado el funcionamiento económico del sistema, obteniéndose los costos totales de operación, año por año.



Como valores de los parámetros de entrada para centrales convencionales se emplearon los disponibles en EPEC y los correspondientes a otras obras actualmente en ejecución en el país. Para centrales nucleares la base del estudio fue la información suministrada por las firmas nucleares consultadas, información que ha sido evaluada y homologada con la metodología empleada en oportunidad de analizar las ofertas recibidas para la Central Atucha. Es razonable suponer que las ofertas que eventualmente se reciban para la CNC, contengan condiciones económicas similares a las empleadas en el presente estudio.

Siendo el presente un estudio de preinversión de una central nuclear, se ha preferido adoptar una posición conservadora con respecto a las condiciones económicas de la misma. Los resultados económicos obtenidos, que figuran en la primera parte de la presente síntesis, demostraron la existencia de variantes nucleares con condiciones económicas ventajosas frente a un equipamiento exclusivamente convencional. Otras variantes nucleares presentaron condiciones similares a la alternativa convencional, habiendo también algunas que desde el punto de vista económico resultaron menos convenientes.

En la parte final del informe se ha procedido a evaluar el proyecto. El mismo se analizó según el tipo de reactor considerado con el fin de aportar juicios referentes a ventajas e inconvenientes de cada uno y definir los factores de evaluación que más adelante se deberán tener en cuenta al efectuar la selección de la oferta más atractiva.

En esta etapa no resultó posible ni conveniente definir el tipo de reactor más adecuado para la CNC, al no existir ninguno que resultase el óptimo desde todos los puntos de vista. El alcance del presente estudio excluye la asignación de un orden de prioridad a los diversos factores de evaluación, tarea que es posterior, y deberá ser realizada oportunamente por las autoridades competentes.

La evaluación económico-financiera del proyecto se realizó conforme a las condiciones de financiación que se espera obtener para el proyecto. Dichas condiciones, en una primera aproximación, se han adoptado sobre la base de las ofrecidas para el proyecto Atucha. El resultado de la evaluación económico-financiera presentó un cuadro más favorable para la CNC que el estudio puramente económico, dado que es previsible que las condiciones financieras a obtener para una central nuclear sean en general más convenientes que las correspondientes a un proyecto del tipo convencional.

Se discutieron brevemente los beneficios adicionales del proyecto y finalmente se estableció el programa de trabajos para la realización del mismo, estimándose los tiempos requeridos para la ejecución de cada una de las etapas. De cumplirse dicho programa de trabajo, la CNC podría entrar en operación comercial en un plazo de 55 meses a partir de la adjudicación de la obra, contribuyendo a partir de entonces a la satisfacción de los requerimientos de energía eléctrica de la Provincia de Córdoba.

