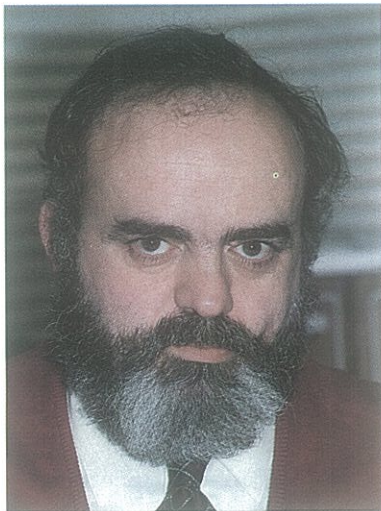


ORGANIZACION GENERAL DE LAS PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

Carlos MORENO SERRANO
y José Antonio NEBRERA GARCIA

CN TRILLO I



Carlos MORENO SERRANO es Ingeniero Industrial por la ETSII de la UPM. Ingresó (1968) en Unión Eléctrica, S. A. como Ingeniero de Construcción, trabajando en la Central Térmica de Aceca. Pasó como Ingeniero de Proyecto (1972) a C.N. Almaraz.

En 1973 fue cedido a EA como Jefe de Obra de la Supervisión de Construcción de la C.N. Almaraz, para, en 1976, ser Jefe del Departamento de Construcción.

Desde 1981, de nuevo en UE, es Director de Proyecto de la C.N. Trillo.



José A. NEBRERA GARCÍA es Ingeniero Industrial (ETSII Sevilla, 1974).

Participó en diversos puestos en la Supervisión de Construcción de C.N. Almaraz hasta 1977, en que ingresó en el Cuerpo de I.I. del MINER.

De 1978 a 1981, en Comisión de Servicios en el MOPU, desempeñó los puestos de Delegado de este Ministerio en Granada, Subdirector General de Planificación y Coordinación de Inversiones y Director del Gabinete del Ministro.

Desde 1981 es Jefe de Construcción y Pruebas de C.N. Trillo I.

INTRODUCCION

El volumen y complejidad de los proyectos nucleares y de las organizaciones habitualmente participantes en los mismos exige un cuidadoso análisis de las distintas alternativas posibles de organización de las pruebas y puesta en marcha de forma que se optimice el cumplimiento de los objetivos básicos del Proyecto.

La solución más adecuada será función no sólo de algunos criterios de general aplicación, sino también, y de modo decisivo, de las circunstancias de cada proyecto concreto y de la política del propietario en cuanto a delegación de funciones en otras organizaciones. Evidentemente será necesario realizar en cada caso un balance específico de ventajas e inconvenientes antes de decidir.

En estas notas tratamos de describir cómo, en base a estos argumentos, se ha llegado para la CN TRILLO I a una solución que consideramos idónea en nuestro caso, incluyendo además una breve discusión de la misma.

OBJETIVOS

Además de los objetivos básicos habituales en los proyectos nucleares, tales como máxima calidad y fiabilidad, mínimo plazo y mínimo coste (por este orden), existen para esta etapa objetivos complementarios de gran interés, como son:

- Aprovechar la p.e.m. como último entrenamiento del personal de operación titulado.
- Igualmente, seleccionar durante este período al futuro personal de operación no titulado. Al menos en el caso de la CN TRILLO I existe, además, la intención de formar, en la máxima medida posible, a personas del entorno de la planta para estas tareas.

FUNCIONES BASICAS A DESARROLLAR

A los efectos que nos ocupan, agruparemos los trabajos a realizar durante esta etapa en:

- Realización de un trabajo previo de elaboración de documentación aplicable, tal como Manuales, procedimientos administrativos, procedimientos técnicos generales y específicos de equipos o sistemas, etc.
- Operaciones «preparatorias», tales como inspección de sistemas y equipos, limpiezas y pruebas hidráulicas de tuberías, pruebas de aislamiento y continuidad de cables, etc., es decir, todo lo que, en un sentido amplio, podrían considerarse como chequeos finales de la calidad de la construcción.
- Pruebas de componentes, tales como alineaciones de lazos de instrumentación, arranque inicial de motores y bombas, chequeo de alarmas, prueba de carga de grúas, etc. Estas operaciones se caracterizan por el importante

Edificio de servicios.



volumen de horas-hombre que se precisan, tanto de técnicos como de mano de obra directa, su carácter básicamente repetitivo y la necesidad de una estrecha colaboración con los equipos de construcción.

- Operaciones provisionales de partes de sistemas, que en numerosas ocasiones vienen requeridas por la necesidad de dar apoyo a limpiezas del propio sistema o a pruebas de componentes de otro.
- Pruebas de funcionamiento de sistemas, en las que se pretende comprobar la capacidad real del sistema para cumplir las funciones para las que fue diseñado.
- Pruebas funcionales integradas, en las que se prueba el conjunto de la central o una parte importante de la misma, con o sin combustible cargado.

INCOGNITAS DEL PROBLEMA

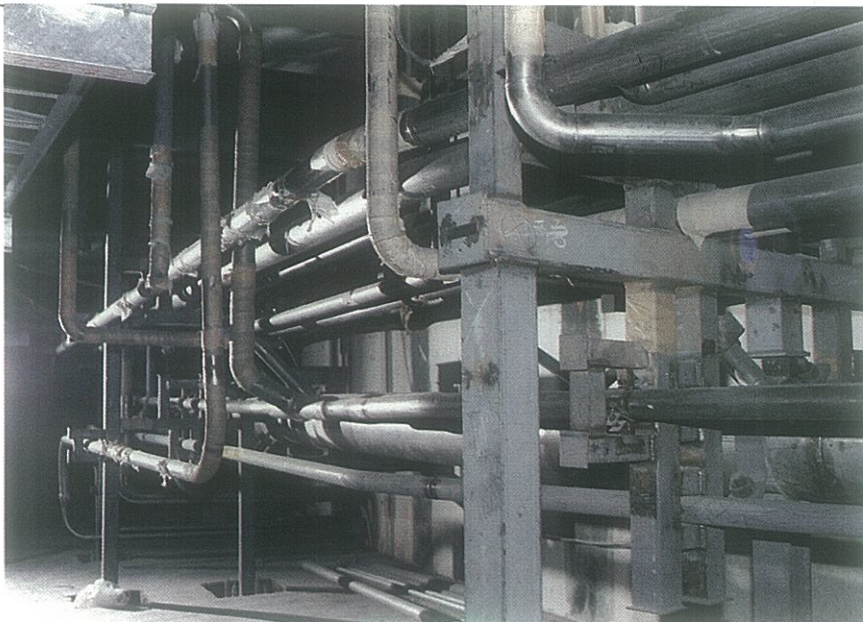
Las decisiones a tomar pueden reducirse a las siguientes:

- ¿Qué organizaciones deben crearse y cuál debe ser la integración de las mismas con el resto del proyecto?
- ¿Cómo deben distribuirse las anteriores funciones entre estas organizaciones?

CONDICIONES DE CONTORNO

Como antes dijimos, las condiciones particulares del proyecto y la política adoptada sobre delegación de funciones tiene una influencia decisiva sobre el análisis del problema. En el caso de la CN TRILLO I, las circunstancias y criterios más importantes a estos efectos son los siguientes:

- Desde el principio del proyecto se ha adoptado la política de delegación máxima de funciones en otras organizaciones (ingeniería, suministrador principal, agencias de inspección, etc.), conservando sólo las funciones indelegables y la supervisión y control de todas las demás.
- En concreto, la Ingeniería Principal, Empresarios Agrupados, tenía contratadas adicionalmente la supervisión de construcción y la ingeniería de obra cuando, hace aproximadamente año y medio, se planteó este tema.
- Por otra parte, la plantilla de operación ya contratada (titulados), además de ultimar su preparación, tenía asignados otros trabajos preparatorios de la explotación, tales como la elaboración del Manual de Operación y otros documentos, los trabajos relacionados con el mantenimiento, gestión de repuestos, etc.
- En cuanto al programa, en el momento de planteamiento del tema, presentaba un retraso importante inducido por los retrasos en las entregas de equipos, que a mediados de 1984 po-



Tuberías inoxidables montadas.

día evaluarse en unos ocho meses. Resultaba evidente la necesidad de comprimir los plazos de la etapa final del montaje y de las pruebas y p.e.m. para tratar de recuperar o, al menos, disminuir este retraso.

LÍNEAS DE ACTUACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS OBJETIVOS Y CONDICIONES DE CONTORNO

Algunas de las líneas de actuación para la toma de decisión pueden resumirse en:

- Para asegurar el cumplimiento de los objetivos de calidad y plazo, era necesario contar con gran número de técnicos experimentados y bien organizados.
- Para cumplir los objetivos de coste y de participación nacional, era muy conveniente el que, en lo posible, estos técnicos fuesen españoles o de una empresa española.
- Sin embargo, dada la importancia de la participación de KWU en la ingeniería de los sistemas y en la de I & C, y la novedad de la tecnología KWU en España, parecía muy aconsejable una participación directa de técnicos de esta empresa.
- La política general de las empresas propietarias de máxima delegación desaconsejaba el montaje de una organización específica de la Propiedad para todas estas actividades, lo que, además, hubiese tenido las dificultades propias de selección y reclutamiento de técnicos, estructuración de los mismos, dotación de medios de todo tipo, etcétera, arrancando desde una estructura, como es la de la CN TRILLO I, relativamente pequeña. En la

práctica hubiera significado duplicar en pocos meses los medios humanos de la Propiedad adaptándose además a actividades de ejecución directa.

- La existencia previa de una importante infraestructura de EA en el Emplazamiento, la necesidad de que las primeras actividades de pruebas se coordinasen estrechamente con la construcción y la experiencia previa de EA en las pruebas y p.e.m. de Almaraz y Cofrentes aconsejaban la extensión del contrato de EA a las actividades de pruebas y p.e.m.
- Por otra parte, la mejor satisfacción de los objetivos complementarios (entrenamiento adicional de personal de Explotación y selección y formación de no titulados) aconsejaban una participación directa del personal de Explotación en esta etapa. No obstante, la disponibilidad de tiempo de este personal era ya muy limitada en razón de otras actividades.

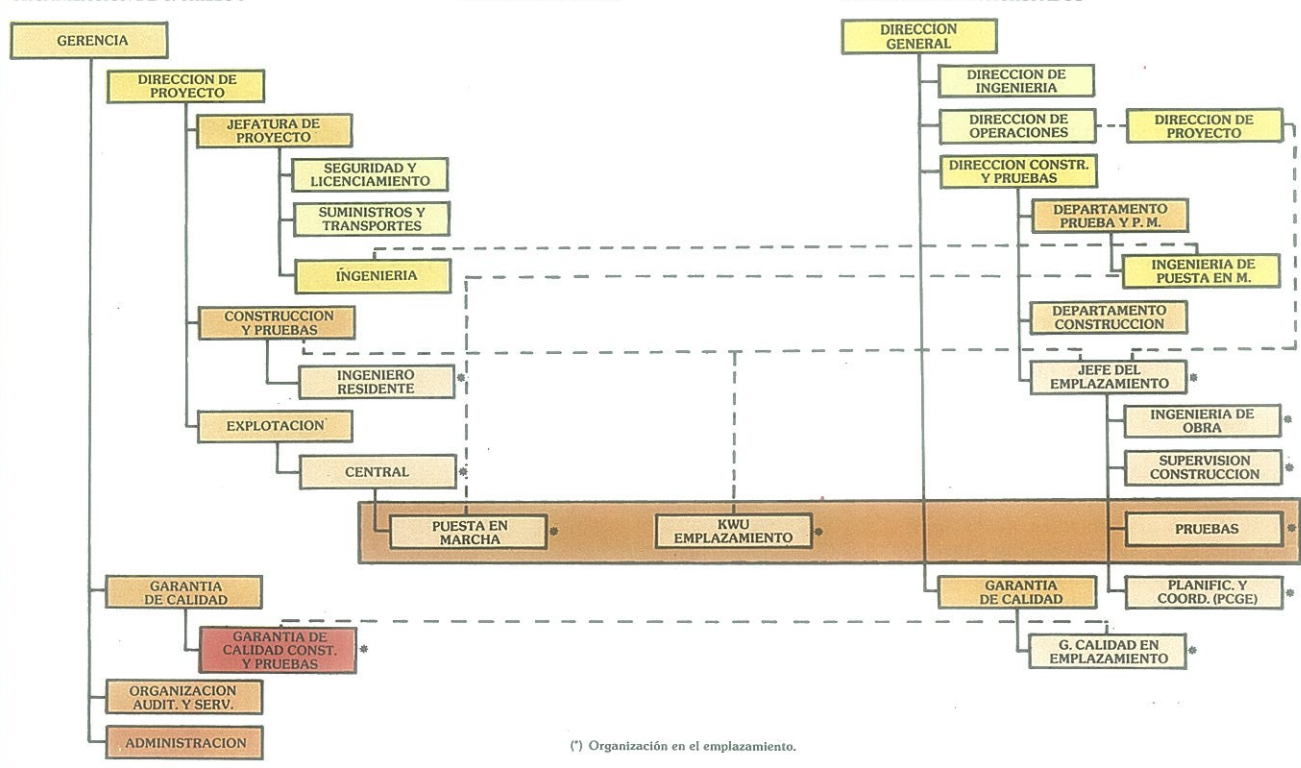
Como puede verse, muchas de las líneas de actuación son opuestas entre sí, por lo que no es posible una alternativa que satisfaga plenamente todos los requisitos.

SOLUCIÓN ADOPTADA Y DISCUSIÓN DE LA MISMA

La disposición organizativa adoptada puede apreciarse en la fig. I.

En síntesis, se han distribuido las funciones entre tres organizaciones:

- La organización de pruebas, integrada en la del Emplazamiento de EA y liderada por personal de EA y KWU, tiene las funciones de realizar las operaciones preparatorias y las pruebas de componentes, así como, si es preciso, operaciones provisionales de sistemas o subsistemas. Esta organización se



FI Organización general de las pruebas y puesta en marcha.

apoya en la ya preexistente de EA a efectos administrativos, y, además, elabora los procedimientos técnicos que precise para su misión.

Los técnicos de explotación, en la medida en que estén disponibles en esta etapa, se integran en esta organización, pero sin responsabilidades directivas, al no poderse garantizar en modo alguno su continuidad y dedicación total.

- La organización de Puesta en Marcha, integrada en la de Explotación de la Central y liderada por personal de Operación tiene como función principal la de realizar las pruebas de funcionamiento de sistemas y las pruebas integradas de la planta. En esta organización se integrará personal de KWU y AG con objeto de apoyar a los responsables de operación.
- La organización de Ingeniería de Puesta en Marcha, integrada en la de EA en Madrid, tiene como función principal la de elaborar los procedimientos técnicos de pruebas de funcionamiento y pruebas integradas, en estrecho contacto con la Ingeniería Principal. No obstante, corresponde a la organización de Puesta en Marcha la aprobación final y edición de estos Procedimientos, para lo que, a su vez, recibe apoyo de otros grupos (Ingeniería, principalmente) de la CN TRILLO I.

Como complemento a estas tres organizaciones, se crea un grupo adicional en la organización de AG en el Emplazamiento, llamado «Planificación y Coordinación», en el que a su vez se integra personal de Construcción y Pruebas de

la Propiedad, con la función de coordinar la interfase entre la ingeniería, la construcción y las primeras etapas de pruebas, al servicio del cumplimiento de los objetivos básicos.

Además, se han retocado las organizaciones de Supervisión de Construcción e Ingeniería de Obra para adaptarlas a la nueva etapa, y, en el caso de la segunda, facilitar su labor de apoyo a Pruebas.

Como ya es habitual, tanto la organización de Pruebas como la de Puesta en

Marcha se apoyarán en contratistas especializados para la realización física de sus actividades.

Como puede verse, la organización establecida se apoya en buena medida en organizaciones cuyos miembros son de procedencia diversa (CN TRILLO I, EA, KWU). Este tipo de organización mixta dio buenos resultados en Almaraz y es utilizada también por KWU en la puesta en marcha de sus centrales en Alemania.

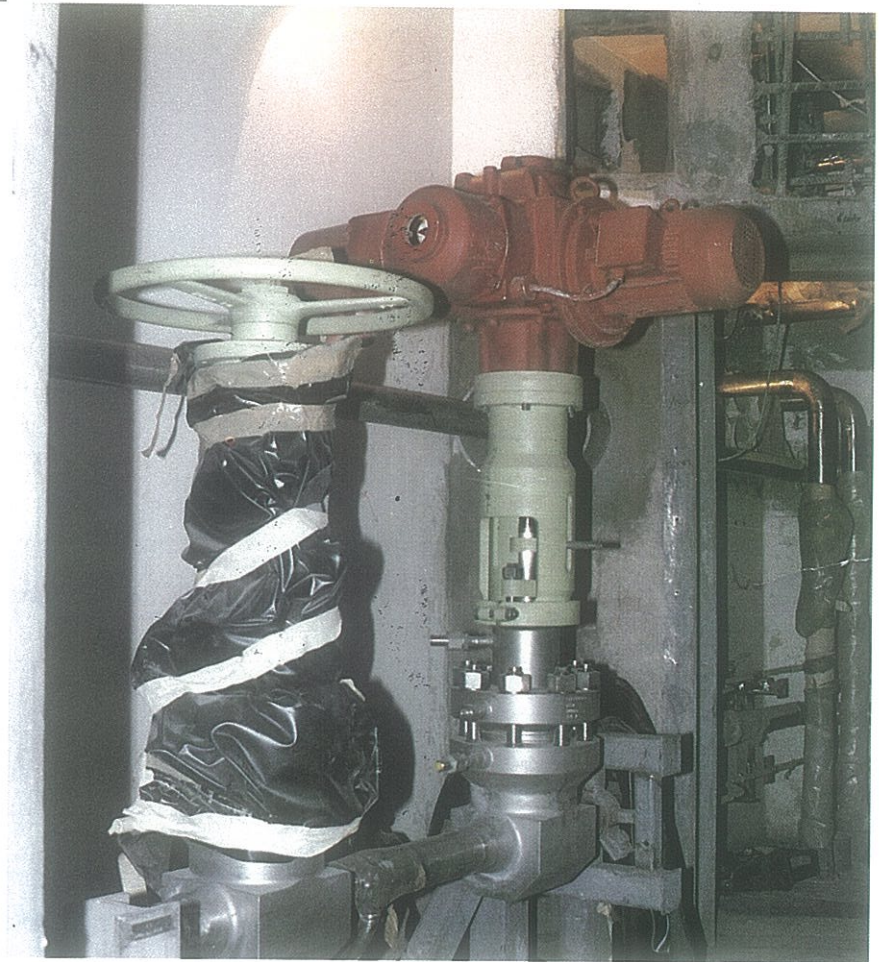
Cabinas de 10 KV.



Es de destacar también que se establece una sola interfase de transferencia formal para los sistemas (de Construcción/Pruebas a Puesta en Marcha/Explotación) y dos interfases mucho más flexibles e informales (de Construcción a Pruebas y de Puesta en Marcha a Explotación).

Si contrastamos esta organización contra las líneas de actuación antes apuntadas, se pueden hacer los siguientes comentarios:

- La organización permite emplear medios humanos numerosos y experimentados (AG, KWU), tanto en la etapa de Pruebas como en la de Puesta en Marcha. Al ser la organización de Pruebas (que requiere la cantidad más importante de horas-hombre) del tipo mixto, se puede recoger la experiencia de KWU en sus centrales. En la fig. II (Organigrama de Pruebas) se observa que se ha incorporado personal de KWU por dos vías: como *staff* directo de los responsables de áreas en las que el peso del alcance de ingeniería y suministro de KWU es mayor, y, de otro lado, como responsables directos de pruebas de sistemas de KWU y de áreas de I & C, tales como ordenador de proceso, instrumentación del núcleo, etc.
- El control de la organización de Pruebas desde la Propiedad se realiza por dos vías:
 - En el área de calidad, Garantía de Calidad de la Propiedad asume directamente las funciones de inspección durante las pruebas y p.e.m.
 - En cuanto a precio y plazo, el control es el mismo que el que ha estado funcionando satisfactoriamente durante la construcción, y que se apoya en análisis de informes y correspondencia y reuniones sistemá-



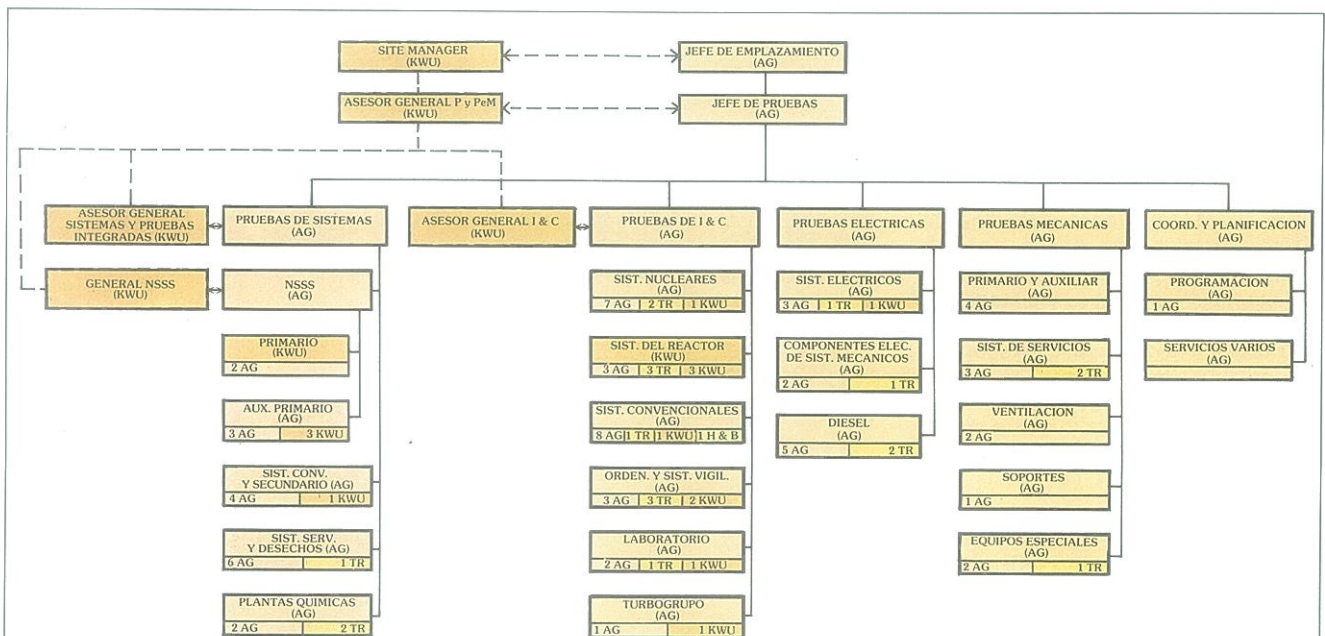
Montajes. Válvulas mariposa y protección.

ticas de seguimiento y toma de decisiones, y que se complementa con el seguimiento sobre el terreno que realiza la organización de la Propiedad en Obra y con la integración de personal de la Propiedad en pues-

tos clave de la organización de AG en el Emplazamiento (Planificación y Coordinación).

- El hecho de que la organización de Pruebas no esté liderada por personal

Fig. II Organigrama básico de la organización de Pruebas.



NOTA: Este organigrama presenta lo que previsiblemente será la envolvente de los organigramas reales de cada momento, que serán, lógicamente, variables a lo largo de la etapa de Pruebas. Se incorpora una cifra estimada del número de técnicos y empresas a las que se piensa pertenezcan en cada área. Resto organigrama no incluye a los especialistas de fabricantes que se precisen para las pruebas de determinados componentes.

de la Propiedad se explica fácilmente por las siguientes causas:

- Las actividades asignadas al personal de explotación hacen que no sea posible asegurar una dedicación total y continua como exige el apretadísimo programa de pruebas.
- EA y KWU disponen de muchas más personas y, en general, más experimentadas que la Propiedad; además, el personal de la Propiedad con experiencia, tanto de Explotación como de otros grupos, está realizando tareas también de gran importancia y prioridad en sus respectivas áreas.
- Adicionalmente, el hecho de que la organización de Pruebas esté integrada en el Emplazamiento de EA, permite garantizar una óptima coordinación de detalle entre Ingeniería de Obra, Supervisión de Construcción y Pruebas, lo que resulta imprescindible para mejorar el solape Construcción-Pruebas.

- El objetivo complementario de que el personal titulado de Explotación se entrene durante esta etapa se consigue también, puesto que participa en las Pruebas en la máxima medida compatible con el resto de sus actividades, y lidera además la PeM.

Por otra parte, tiene ocasión de observar de cerca, seleccionar y formar a personal de AG y contratistas con vistas a su incorporación a los niveles no titulados de la plantilla de Explotación.

- Los objetivos de participación nacional en el proyecto (desde el punto de vista económico y tecnológico) quedan asegurados, al incorporarse de modo eficaz un número razonable de técnicos de KWU, cuyo coste estaba en parte ya incluido en los contratos de suministro principal.
- El esquema permite además minimizar la contratación de personal por la Propiedad, evitando posibles problemas de sobredimensionamiento de cara a la Explotación y, por supuesto, los problemas que toda expansión excesiva conlleva.

EXPERIENCIA HASTA EL FINAL DE 1985

Como punto final de estas notas, no debe faltar una referencia a los resultados hasta el momento obtenidos con esta organización, que dio sus primeros pasos en el segundo trimestre de 1985.

Aunque, evidentemente, el plazo del que se ha dispuesto es aún corto, se están confirmando cada vez más las esperanzas depositadas en el esquema adoptado.

La labor conjunta de todas las organizaciones participantes ha dado como resultado el absorber gran parte de los retrasos acumulados durante fases anteriores del Proyecto en base a identificar con detalle las prioridades y aumentar el solape entre construcción y pruebas, sin merma de los aspectos de calidad y sin sobrecostes significativos.

En el momento actual se encuentran ya en operación provisional la captación desde el Tajo, las plantas de pretratamiento y desmineralización, las calderas auxiliares y parcialmente los sistemas de aire de planta, agua subenfriada y agua caliente, así como varios sistemas de ventilación. Por otra parte, se trabaja con gran intensidad en las primeras etapas de las pruebas de los sistemas de la ruta de la prueba en frío (servicios esenciales, refrigeración de componentes, y sistemas de control químico y volumétrico).

En el área eléctrica está ya en servicio la mayor parte del unifilar para «consumo propio», mientras que en el área de I & C se avanza a buen ritmo en las pruebas de armarios electrónicos, lazos de instrumentación, ordenador y Sala de Control.

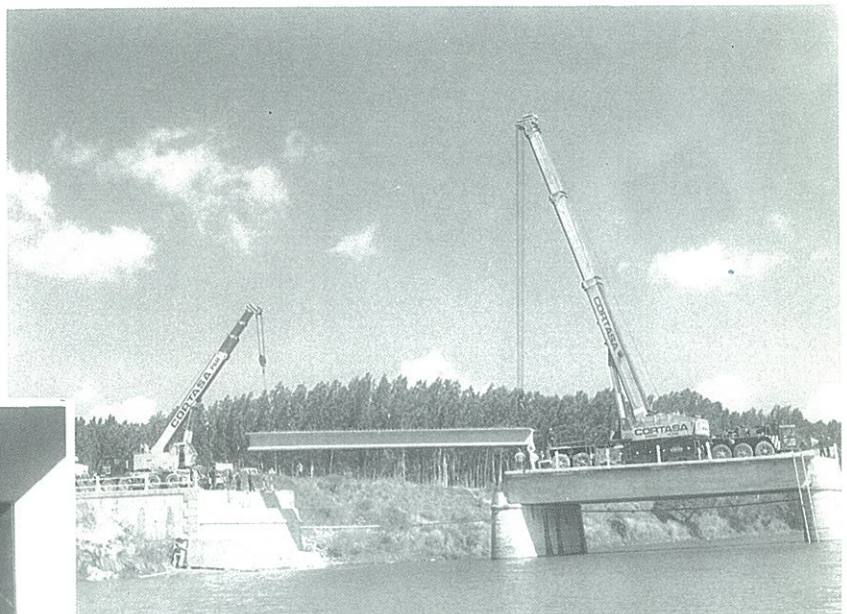
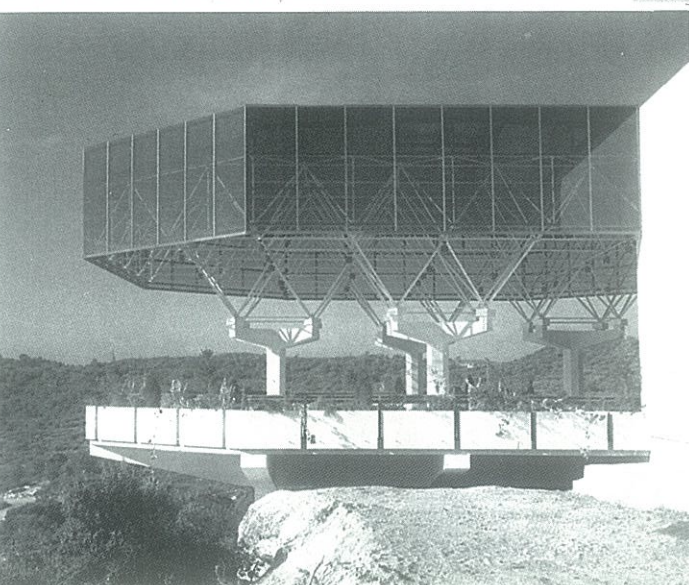
Las pruebas de funcionamiento de sistemas, a realizar por el grupo de Puesta en Marcha, comenzarán en el primer trimestre de 1986, una vez liquidados los últimos pendientes de construcción y pruebas.

En resumen, y en el supuesto de contar a su debido tiempo con los necesarios permisos de las Autoridades de Licencia, se espera que los hitos básicos del proyecto (prueba en caliente, carga de combustible, sincronización y operación comercial) se consigan con un retraso de unos tres meses, respecto de los objetivos fijados en 1981, con lo que la Central entraría en operación comercial en los últimos meses de 1987.

S calero y sarmiento construcciones, s.a.

pez volador, 32
tel. 274 91 55
madrid-28007

Centro de información central nuclear de Trillo



Demolición y reconstrucción del tablero del puente sobre el río Rucacas en la Central Nuclear de Valdecaballeros.

Construimos para Hidroeléctrica Española en el complejo hidroeléctrico de Cortes de Pallas y para las centrales nucleares de Trillo y Valdecaballeros