

ASCO

EL DESARROLLO DEL PROYECTO Y LA CONSTRUCCION DE LA C. N. ASCO

R. I. GRANADOS GARCIA Y A. BARRERA



Ricardo Ignacio GRANADOS GARCIA, Ingeniero Industrial y Licenciado en Ciencias Económicas, participó en el Proyecto de la C. N. de Ascó como Ingeniero de Costos. Posteriormente, como Jefe de Estudios Preliminares, coordinó la evaluación de ofertas y los trabajos preliminares de la Central Nuclear de Vandellós III. En la actualidad es Jefe de la Secretaría Técnica del Departamento de Construcción y Producción Nuclear de FECSA.



Alfredo BARRERA NAVARRO, Ingeniero Industrial. Dirige el Equipo de Programación y Control de Costes de la Dirección del Proyecto C. N. Ascó. Como Jefe de la División de Programación y Control de Costes del Departamento de Construcción y producción Nuclear de FECSA, es el responsable del desarrollo de estas actividades en el ámbito nuclear de la Compañía.

LA CENTRAL NUCLEAR DE ASCO EN EL PROGRAMA NUCLEAR ESPAÑOL

La Central Nuclear de Ascó queda encuadrada en la segunda generación de Centrales Nucleares españolas, con las que comparte una serie de características comunes y una cronología similar.

La primera generación comprende las centrales de Zorita, Santa María de Garroña y Vandellós I, y su desarrollo se realiza entre 1963, año en que se concede la autorización preliminar para la Central de Zorita, y 1972, año en el que se inicia la operación comercial de Vandellós I.

Las centrales de esta generación fueron realizadas llave en mano por Westinghouse, General Electric y una agrupación francesa de constructores respectivamente.

La participación nacional en ellas era del orden de un 40 % sobre el coste total de la central. Sus potencias son de 160 Mw en el primer caso, 460 Mw en el segundo y 500 Mw en el tercero.

La duración del proyecto desde la autorización previa es en media de unos seis años y la construcción unos cuatro años.

El inicio de la segunda generación de centrales, que junto con los dos grupos de Ascó engloba a los dos de Almaraz, a los dos de Lemóniz y al de Cofrentes, puede situarse en 1972. Si bien en 1971 tuvo lugar la autorización previa del primer grupo de Almaraz(*) los seis grupos restantes de esta generación fueron autorizados en 1972, y también es en este año cuando se publica el reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas que constituye asimismo el inicio de un segundo escalón en la definición del marco normativo de la energía nuclear en nuestro país.

La progresiva introducción de la participación nacional en las actividades del proyecto, en la fabricación y en la construcción dificulta la contratación llaves en mano, y ninguna de estas centrales es contratada bajo esta fórmula. Los porcentajes de participación nacional de esta generación de centrales son del orden o supera el 65 % sobre el coste total de la instalación, y esta participación abarca ya todos los ámbitos del proyecto; la ingeniería, la fabricación de equipos (excepto en esta generación de algunos equipos principales y el combustible) y la construcción, el montaje y las pruebas de la central.

Las siete centrales son de agua ligera, de potencia neta alrededor de 900 Mw,

y el origen de la tecnología es estadounidense. De hecho, a seis de ellas (salvo la de Cofrentes), el equipo principal está contratado a Westinghouse y es esencialmente idéntico. Sin embargo, el diseño de la planta, realizado por distintos grupos de ingenierías, es particular en cada uno de los casos.

En 1973 se concede la autorización de construcción de la C. N. de Almaraz, comenzando la construcción de su primer grupo, y las restantes autorizaciones de construcción para las centrales de esta generación son concedidas a lo largo de los años 1974 y 1975.

El primer grupo de Almaraz inicia asimismo la fase de explotación de esta generación, comenzando su operación en el pasado año 1981.

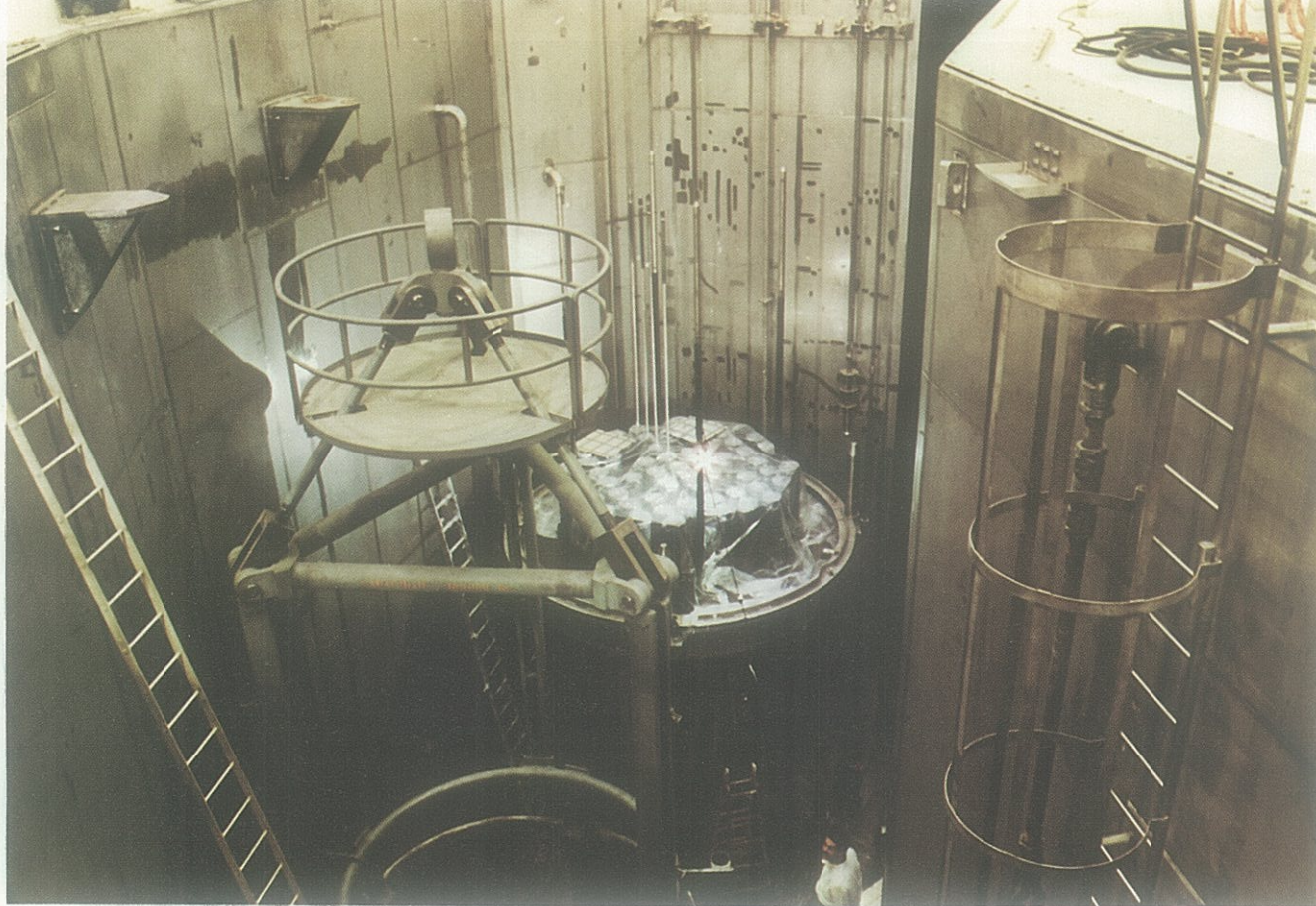
Tras esta segunda generación se concedieron en 1975 y 1976 autorizaciones previas para ocho grupos más: Valdecaballeros I y II, Trillo I y II, Vandellós II y III, Sayago y Regodola. De éstas, las cinco primeras recibieron autorización de construcción los años 1979 y 1980.

LA INICIACION DEL PROYECTO C. N. ASCO

El 15 de junio de 1970 fue solicitada por FECSA la autorización previa de una central nuclear dotada de dos grupos de una potencia unitaria de 900 Mw a instalar en el término municipal de Ascó. Tras el proceso de autorización y después de haberse suscrito un convenio entre las cuatro empresas eléctricas catalanas sobre la propiedad del segundo grupo, el Ministerio de Industria concedió el 21 de abril de 1972 la autorización previa del primer grupo de la Central a FECSA y del segundo a las cuatro empresas eléctricas catalanas (Fuerzas Eléctricas de Cataluña, S. A.; Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana, S. A.; Hidroeléctrica de Cataluña, S. A., y Fuerzas Hidroeléctricas del Segre, S. A.)

En el ínterin se había procedido a la solicitud de ofertas del equipo principal a Combustión Engineering, Kraftwerk Union y Westinghouse, que presentaron reactores de agua a presión, y a General Electric, que ofreció su reactor de agua en ebullición, y posteriormente se procedió a la evaluación de dichas ofertas. Como resultado de la misma se cursó, una carta de intención a Westinghouse, dando como fecha para la iniciación de

(*) Asimismo se había concedido en 1969 una autorización previa para un grupo de 515 Mw a Iberduero, quién posteriormente solicitó su modificación.



Ascó I. Vasija y cavidad de recarga (mayo 82).

los trabajos del proyecto, fecha para proceder, el 1 de julio de 1972.

El suministro ofrecido por Westinghouse era idéntico al contratado para los grupos 1 y 2 de Almaraz y Lemóniz y se trataba de una caldera nuclear de agua a presión, con tres lazos de recirculación con una potencia térmica de 2.686 Mw. Los elementos combustibles tenían una distribución de 15×15 barras. Las bombas del refrigerante del reactor eran verticales, centrífugas, de una sola etapa, con motor montado por encima de la bomba y dotado de un volante de inercia. Los generadores de vapor eran de carcasa vertical y tubos en U, poseían un precalentador y un equipo integral de separador de humedad. El presionador estaba dotado de sistema de rociado y calentadores eléctricos. Se ofrecía como central de referencia, para los sistemas nucleares, la de North Anna.

El turbogenerador estaba compuesto por una turbina *tándem compound* de cuatro flujos (un cuerpo de alta y dos de baja) y un generador trifásico refrigerado por agua en el estator e hidrógeno en el rotor. La potencia eléctrica bruta resultante era de 930 Mw.

Para el desarrollo de las ingenierías se recibieron ofertas de Auxiesia, Empresarios Agrupados, Sener e Inypsa, como ingenierías españolas, y Bechtel, Burmont (Burns & Roe y Motor Columbus), Gibbs and Hill, como ingenierías extranjeras. Fueron seleccionadas Auxiesia e Inypsa como ingenierías españolas y Bechtel como ingeniería extranjera. Su

trabajo se realizaría en una organización conjunta, denominada Oficina de Ingeniería del Proyecto (OIP). La dirección de la ingeniería correspondería a Bechtel, que por otra parte debería, fundamentalmente, realizar la ingeniería básica, así como suministrar el apoyo que fuera preciso a lo largo de todo el proceso de ingeniería de detalle.

La dirección del proyecto y de la construcción correspondería a la propiedad, con el apoyo de Bechtel, materializado a través de un Project Manager, para apoyar al Director de Proyecto, y un Site Project Manager, para apoyar al Director de Construcción, que contaban con expertos en garantía de calidad, programación y costes, compras y las distintas especialidades de construcción y montaje.

A partir de la fecha para proceder, que también fue el 1 de julio de 1972 para la ingeniería, y hasta la entrega del Informe preliminar de Seguridad en diciembre de 1972, el trabajo de proyecto se centra en la realización del diseño básico de la central, que se efectúa fundamentalmente en las oficinas de la ingeniería americana, a las que se desplazan los jefes de los grupos técnicos de las ingenierías españolas, y, en forma permanente o periódica, los de los grupos de la dirección del proyecto.

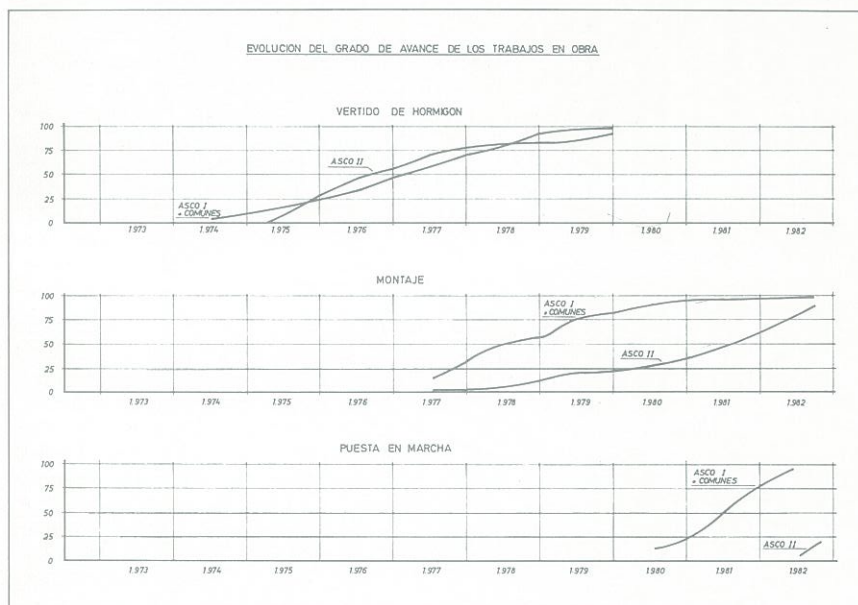
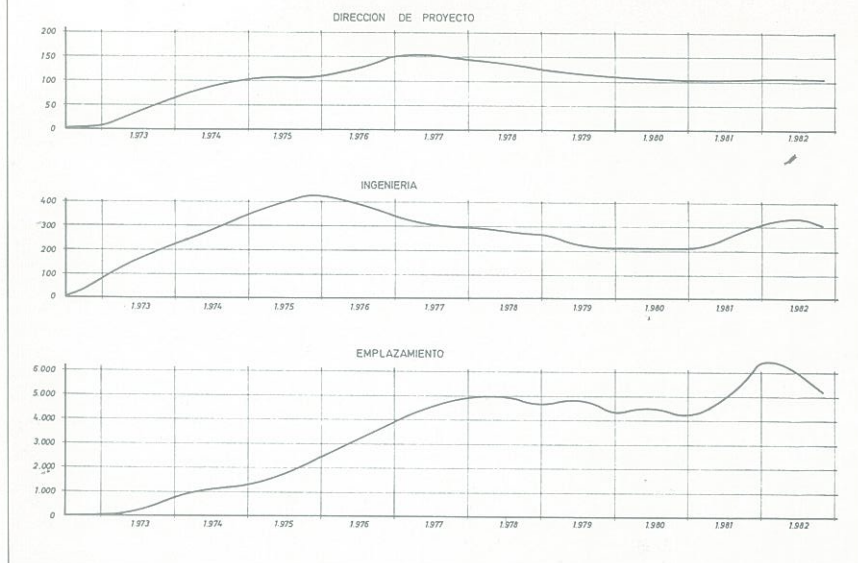
Tras la decisión de que los dos grupos sean separados (los grupos de Almaraz y Lemóniz están unidos *-twin-* y son simétricos), se adopta en esta fase del diseño, y entre otros muchos parámetros de la central, la configuración

definitiva del conjunto de sus edificios principales, particular para C. N. Ascó. La configuración adoptada, en península, debía facilitar el trabajo de construcción y montaje al proporcionar unos tajos más amplios e independientes sobre los que desarrollar el trabajo de construcción y montaje de la central.

En el emplazamiento se desarrollan estudios de detalle geofísicos, sismológicos e hidrológicos, tras los cuales se fija la situación definitiva de la central, eje del edificio de contención y las cotas de la misma, adoptándose una disposición semienterrada (el nivel inferior de la losa base de la cavidad del reactor del edificio de contención queda a unos 25 metros bajo el nivel del terreno, y el de la losa base del edificio auxiliar, a unos 29 m.). Asimismo se fija la cota del nivel de explanación del suelo de la central a 50 m sobre el nivel del mar, superior a la cota 45 que se había analizado como máxima para la avenida derivada de rotura de presas coincidiendo con la avenida milenaria del río Ebro.

En el estudio sismológico se llegó a una intensidad de VI para el terremoto base de Operación (OBE) y de VII para el de parada segura (SSE), correspondiendo unas aceleraciones de 0,07 y 0,13 g respectivamente.

En base a este diseño y estudios quedó elaborado el Informe preliminar de Seguridad, que junto con la documentación conexas fue entregado al Ministerio de Industria y a la Junta de Energía Nuclear, que constituía el organismo asesor en la materia, solicitando el permiso de



construcción de la Central, en el mes de diciembre de 1972, como se ha dicho anteriormente.

EL INICIO DEL PROYECTO DE DETALLE DE LA CENTRAL

En el primer trimestre de 1973 comienza la actuación de todos los equipos del proyecto, ya ubicados en España (a excepción del apoyo que para el diseño sigue prestando la oficina de ingeniería en Estados Unidos), y su primera labor es la de completar su organización y cubrir sus cuadros.

Dentro de esta labor de organización, los distintos equipos del proyecto elaboran progresivamente sus procedimientos y comienzan su aplicación. Así se emiten dentro de la dirección de proyecto procedimientos generales y los correspondientes a los distintos equipos, de garantía de calidad, programación, costes. Las organizaciones de Ingeniería, Compras y Dirección de Obra realizan

igualmente esta emisión de procedimientos.

En estos primeros meses continúa la elaboración de solicitudes de permisos precisos para la construcción, solicitándose el mes de marzo de 1973 la licencia municipal de Obras y Apertura del Grupo I de la Central al Ayuntamiento de Ascó, y el mes de abril, la concesión de caudales para la refrigeración del Grupo I de la Central al Ministerio de Obras Públicas.

Tras estos primeros meses iniciales, el diseño de la central avanza en la emisión del manual de criterios de diseño de la central, completando los diagramas de proceso y las disposiciones generales de equipos, emitiéndose en ambos casos las revisiones preliminares en su formato definitivo. Se realizan listas de equipos y se inicia la emisión de especificaciones y de los primeros planos de obra civil correspondientes a las excavaciones y a las protecciones de las mismas.

Como especificaciones mecánicas

para compras se emiten inicialmente las correspondientes al resto del equipo principal de la planta de turbina (condensador, que fue la primera emitida, calentadores, bombas de alimentación y turbinas, etc.) También se emiten las correspondientes a equipos que precisaban instalarse en forma temprana por su situación dentro de la obra (tanques de drenajes en edificio auxiliar).

Se realizan, asimismo desde un principio, las especificaciones correspondientes a la obra civil principal, excavaciones y rellenos, hormigón, armadura y encofrados, chapa de revestimiento del edificio de contención y sistema de pos-tensado.

Tras la emisión de las primeras especificaciones se adopta un formato estándar para facilitar la emisión y revisión de las siguientes y se fijan las reglas en cuanto a idioma de realización de las mismas. En diciembre de 1973 se había emitido el 25 % de las especificaciones por la Ingeniería para el Grupo I, y en mayo de 1974 se acercaba el 50 % para el mismo Grupo.

El diseño civil, que en un principio se plasma en los planos de excavaciones, protección de la roca (se escogió la colocación de una lámina impermeabilizante y hormigón sulfadur), hormigón pobre, sistemas de cimentación para el edificio de turbina (se escogió un sistema de grava cemento), queda en el camino crítico del proceso de ingeniería del proyecto en esta fase.

Se precisaba el máximo rendimiento del grupo civil para disponer de los planos de construcción de las primeras estructuras y realizar a partir de ellas los correspondientes planos de detalle. Estos planos empiezan a aparecer a finales de 1973 y para aumentar el rendimiento del Grupo se procedió a una reestructuración del mismo a primeros de 1974. En mayo de este año se emitieron los primeros planos para la construcción de la losa del edificio de contención.

El resto del diseño prosiguió a lo largo de este período. Se completaron los diagramas de proceso en su primera emisión y a partir de principios de 1974 comenzó la emisión de diagramas lógicos y diagramas de tubería e instrumentación. En mayo se había alcanzado sobre el 40 % de estas emisiones.

Asimismo, desde 1974 se inicia la realización del listado de válvulas y los primeros planos de tuberías.

En general se comprobó la necesidad de aumentar el número de personas dedicadas al diseño y fue realizándose este aumento. El mes de junio la dedicación

del personal de ingeniería suponía un promedio de 290 personas.

Los aprovisionamientos de equipos siguieron el ritmo de las especificaciones con el lógico desfase, que representaba unos seis meses, alcanzándose en mayo de 1974 sobre un 16 % de las adjudicaciones.

Asimismo se preparó la realización de los transportes especiales, seleccionándose como ruta desde Tarragona la de Reus - Falset - Mora, la Nova - Vinebre-Ascó, en la cual se estaba realizando el puente Vinebre-Ascó, que fue diseñado y construido con una capacidad de 600 Tm, haciéndose cargo la central del sobre coste correspondiente.

En la obra, y tras las negociaciones contractuales con el Contratista Civil, COPISA, se inició la preparación de las instalaciones de obra del emplazamiento: accesos al campamento obrero, sucesivas oficinas para obra, estación depuradora, paso elevado sobre el ferrocarril, suministro de energía eléctrica, abastecimiento de agua, plantas de áridos, planta principal y auxiliar de hormigón, red de aire, laboratorios y talleres.

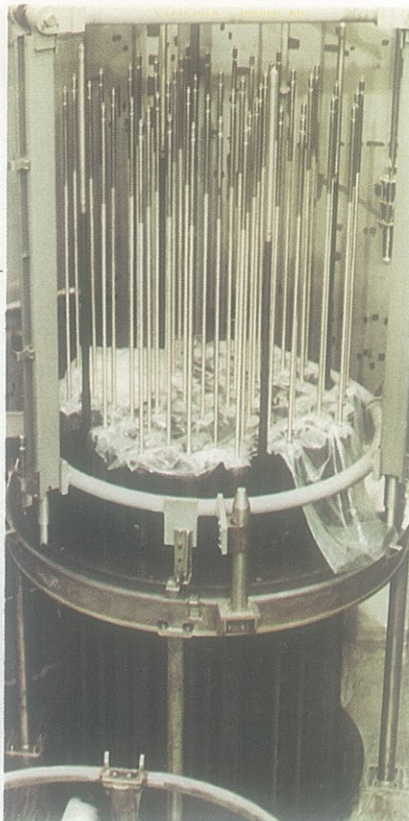
Asimismo se inició el desbroce del terreno y la excavación y preparación del terreno para el Grupo I. El volumen de excavación representó unos 1.200.000 m³ y se realizó la protección con hormigón sulfadur, lámina impermeabilizante y el ajuste hasta las cotas definitivas de las estructuras con hormigón pobre, que totalizan unos 50.000 m³.

Desde finales de 1973 se analizó la sistemática de la contratación de tuberías que quedó, separada en dos bloques, suministro y prefabricación por una parte y montaje por otra. De acuerdo con esta filosofía de contratación se llegó a una división en partidas para oferta de ambas especificaciones, que fueron emitidas el segundo trimestre de 1974.

En julio de 1973, FECSA, ENHER, Hidroeléctrica de Caraluña (HECSA) y Fuerzas Hidroeléctricas del Segre (FHSSA) constituyen la Asociación Nuclear de Ascó II para ser propietario de la segunda unidad de acuerdo con los porcentajes de participación siguientes:

FECSA	40 %
ENHER	40 %
HECSA	15 %
FHSSA	5 %

Asimismo, y ejerciendo la opción reservada en las mismas para una segunda unidad, se firman las cartas de intención para los suministros principales



Ascó I. Modificación tubos guías en internos superiores (julio 82).

cuya fecha origen para fabricación, fecha para proceder, es el 1 de enero de 1974.

Se realizan las adaptaciones precisas en los contratos con las Ingenierías y en el contrato civil, constituyéndose NUCEA como contratista de Obra Civil de la totalidad de la Central.

Se decidió que este segundo grupo fuese una duplicación del primero, para lo cual las adjudicaciones de equipo se realizarían conjuntamente. Se establecieron los ejes y la cota del mismo. Esta última era la misma del primer grupo, para permitir una duplicación más completa, pero obligaba a realizar un elevado volumen de excavación, algo inferior a 2.000.000 de metros cúbicos.

Asimismo se estableció una única organización para ambos grupos que, en las actividades asumidas por la propiedad, suponía la participación del personal de las cuatro empresas.

En diciembre de 1973 se presenta el Informe preliminar de Seguridad y la documentación conexas del segundo grupo solicitando su autorización de construcción.

En abril de 1974 se solicita al Ministerio de Obras Públicas la concesión de caudales para la refrigeración, y en julio del mismo año, la licencia de obra y apertura del segundo grupo de la Central Nuclear de Ascó.

Dentro del capítulo de obra se inician los sondeos y la preparación del terreno de la Central.

EL INICIO DE LA CONSTRUCCION DEL GRUPO I DE LA CENTRAL NUCLEAR DE ASCO

En mayo de 1974 fue emitida por el Ministerio de Industria la autorización de construcción del primer grupo de la Central. La autorización fijó un plazo de construcción de seis años a partir de su publicación y la exigencia de construir una instalación para el almacenamiento de los desechos sólidos producidos.

En las fechas de preparación del emplazamiento las instalaciones de construcción estaban ultimadas, siendo posible el inicio de las estructuras con un margen temporal sobre el diseño relativamente pequeño.

Este escaso margen dificulta los trabajos de construcción, que quedan completamente supeditados a los avances que se realicen en el diseño, y más concretamente en el correspondiente al Grupo Civil. Se pone en práctica un plan para la incrementación del rendimiento del mismo, aumentando dentro de dicho plan los recursos humanos del Grupo.

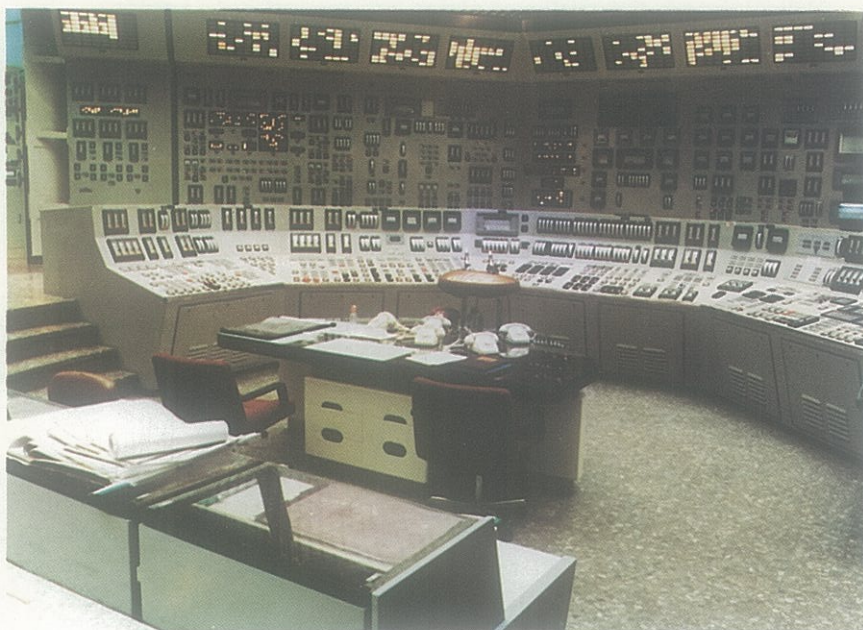
Si bien hacia fines de 1974 empieza a aumentar el ritmo del avance del Grupo de diseño Civil, el camino crítico de la ingeniería comienza a orientarse hacia otros grupos y concretamente hacia el mecánico y el de diseño de Tuberías, que comienzan a reforzarse. El proceso de diseño sigue siendo el condicionante del avance del proyecto.

Bechtel propone realizar una reprogramación general del proyecto tras una evaluación completa de su situación y producir un nuevo programa integrado, lo que le es encargado. Este trabajo se desarrolla durante los últimos meses de 1974 y primeros de 1975, siendo sus resultados en febrero de dicho año.

Se anticipa que la operación comercial no podrá realizarse antes de comienzos de 1979 y se proponen medidas para tratar de acercarse a esta fecha, que se considera como un objetivo al cual hay que orientar el proyecto aun considerando optimista acercarse al mismo.

Asimismo se proponen una serie de medidas para aumentar el ritmo de avance del proyecto y entre ellas se realizan algunos cambios en la organización de la Oficina de Ingeniería.

Prosigue la emisión de diagrama de tubería e instrumentación y diagramas lógicos aunque a un ritmo lento. En marzo de 1975 se había alcanzado solamente el 50 % de los primeros y el 70 %



Ascó I. Sala de Control (julio 82).

de los segundos, lo que condiciona el avance de otras áreas del proyecto. En la emisión de especificaciones se llega en esa fecha al 75 % del total, aunque la contratación sólo había alcanzado un 35 %, con un desfase sobre la emisión de especificación de un año aproximadamente.

Como cambios en el suministro principal del proyecto en este período es de mencionar la adopción de elementos de combustible 17×17 barras, en lugar de las ofertadas originalmente de 15×15 , cambio que había sido realizado con anterioridad en diversas centrales del mismo tipo.

Dentro de la planificación general del proyecto, el área de suministro y prefabricación de tubería se plantea como crítica. Los plazos existentes en el momento para el suministro de tubería y accesorios no parecían permitir la realización de acopios basados en los planos que se emitieron para su construcción,

dado el escaso margen temporal que se preveía entre su salida y la prefabricación de los tramos que incluían. Por ello se estimó la necesidad de proceder a los acopios en base a las cantidades estimadas por el Grupo de Costes de la Ingeniería que realizaba las estimaciones y mediciones respectivamente de los elementos a diseñar o diseñados de la Central.

En enero de 1975 se produjeron las primeras listas para acopio que fueron remitidas al contratista en abril de dicho año, con orden de que procediera a su acopio que representaba del orden del 40 % del total de la tubería de la Central, bajo la responsabilidad, en cuanto a su precisión y utilización posterior, de la propiedad.

La utilización de estas cantidades estimadas en todos los ámbitos y medidas se mostró como práctica no sólo para la estimación de costes y la programación general del proyecto, y en algunos casos

para la realización de acopios, sino para la programación y el control de la ingeniería al poder planificar y valorar su avance medido según las mismas unidades físicas que constituía en proyecto y que posteriormente deberían ser construidas o instaladas como tales unidades en la obra de la central.

Las actividades de construcción, que se iniciaron en las losas inferiores del edificio auxiliar, en la cavidad del reactor y en la galería de tendones en el edificio de contención y en las fundaciones y columnas del pedestal de la turbina, se resienten del escaso margen temporal existente con el diseño, de su ritmo de avance y de las modificaciones que se introducen en el mismo por el avance prácticamente simultáneo de los distintos grupos de diseño. El resultado es un ritmo lento de avance. En marzo de 1975 se habían vertido unos 18.000 m^3 de hormigón estructural, que incluía todas las losas de fundación de los edificios, incluyendo la parte inferior del edificio auxiliar, y se había iniciado el montaje de la primera virola, troncocónica, de la chapa de revestimiento del edificio de contención.

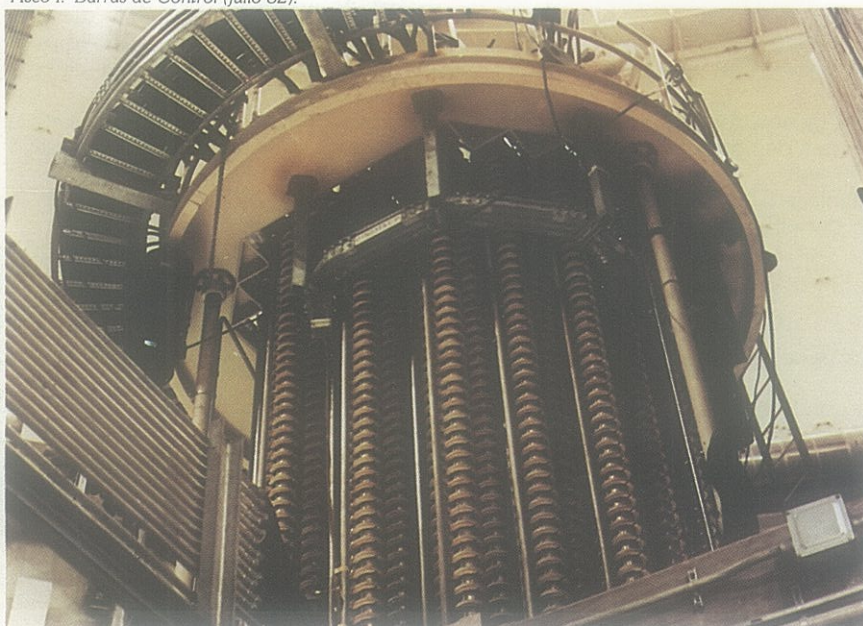
En el Grupo II se realizó progresivamente la excavación, la protección del terreno análoga a la del Grupo I y la colocación de hormigón pobre hasta los niveles definitivos de las estructuras. Si bien estas actividades eran particulares para el Grupo, y distintas en parte a las del primer grupo por ser distinto el lugar de ubicación, el hecho de constituir el segundo grupo una duplicación del primero contribuyó al principio a que estuvieran disponibles en su momento todos los datos de diseño y a que, por haberse realizado las operaciones en forma inmediatamente anterior, el trabajo pudiera ser mejor organizado.

A lo largo de 1974 se participa en distintas mesas redondas sobre la central y en sesiones informativas sobre la energía nuclear. Destacan en el mes de junio una presentación de la central, con especial hincapié en el tema de la seguridad realizada con los municipios de la zona y la participación en una mesa redonda realizada en esta Asociación de Ingenieros en el mes de julio y en una conferencia coloquio que, organizada por el Obispado de Tortosa, tuvo lugar en Ascó en el mes de diciembre.

LA FASE DE CONSTRUCCION DEL GRUPO I Y EL INICIO DE LA MISMA EN EL GRUPO II

El mes de marzo de 1975 se recibió el permiso de construcción del segundo

Ascó I. Barras de Control (julio 82).



Grupo de Ascó y en el siguiente mes de mayo se acordó una total integración en la gestión de los dos Grupos de forma que, aunque la propiedad se mantuviese en la forma y proporciones originales, la gestión de ambas se desarrollase como un empeño común de todas las empresas agrupadas.

El avance inicial de la obra en el segundo grupo, con un amplio margen respecto al diseño, es sensiblemente elevado: en el mes de mayo se vierten más de 5.000 m³ de hormigón estructural, reduciéndose apreciablemente su desfase respecto al primer grupo. Posteriormente, el ritmo de emisión de planos por la Ingeniería permitió un desarrollo más rápido de la construcción del Grupo I, dedicándose los recursos de obra a esta unidad y utilizándose el Grupo 2 como tajo regulador.

De esta forma los ritmos de vertido de hormigón en el Grupo 1 alcanzaron un promedio de 3.000 m³ a lo largo de 1976. A lo largo de esta fase se vierte el 90 % del hormigón del conjunto de los edificios del Grupo 1, que quedan prácticamente concluidos en su parte externa y dispuestos para que se desarrolle en ellos el montaje plenamente.

En enero de 1976 queda colocada la cúpula metálica del Linner Plate; su hormigonado se realizaría posteriormente y libre la grúa polar del edificio de contención. Se efectúan sus pruebas de carga, de forma que queda disponible para realizar el montaje de los equipos principales del sistema nuclear de suministro de vapor: la vasija, los generadores de vapor y el presionador.

El esfuerzo de la ingeniería se materializa no sólo en el área de diseño civil, que adquiere un ritmo de avance adecuado, sino en el área mecánica y de diseño de tuberías, que son definitivamente las críticas en esta fase. En diciembre de 1975 se había emitido el 90 % de las especificaciones: los diagramas de tubería e instrumentación en revisión para construcción superaba el 70 % y los diagramas lógicos el 90 %. La evaluación del avance de trabajo de ingeniería suponía un 55 % sobre el total.

A lo largo de 1976, la emisión de planos de tubería representaba, en marzo de 1976, 15.000 m de tubería grande y se empezaban a revisar los isométricos y planos de Spool de tubería realizados por el fabricante. Tras esta actividad adquiere especial importancia el diseño de soportes de tubería y posteriormente el correspondiente a bandejas y conductos para el tendido eléctrico. A fines de 1976, el avance del diseño se cifraba en un 77 %.

A principios de 1976 se inició el montaje del condensador como montaje de un primer elemento mecánico importante, que sería seguido, ya en la segunda mitad del año, por el montaje de tanques en el edificio auxiliar, el puente grúa del edificio de turbina, la grúa polar del edificio de contención y el inicio del montaje de turbogenerador. A finales del año 1976, el montaje de equipos adquiriría una entidad apreciable.

La emisión sucesiva de planos de tubería, junto con el acopio realizado de materiales, permite el inicio de la prefabricación en el taller del contratista, Babcock Kellogg, y la entrega sucesiva de Spools a obra. De esta forma, en agosto de 1976 se procedía a iniciar el montaje de tubería grande en los edificios auxiliar y de turbina. A fin de 1976 se habían montado unos 1.100 m.

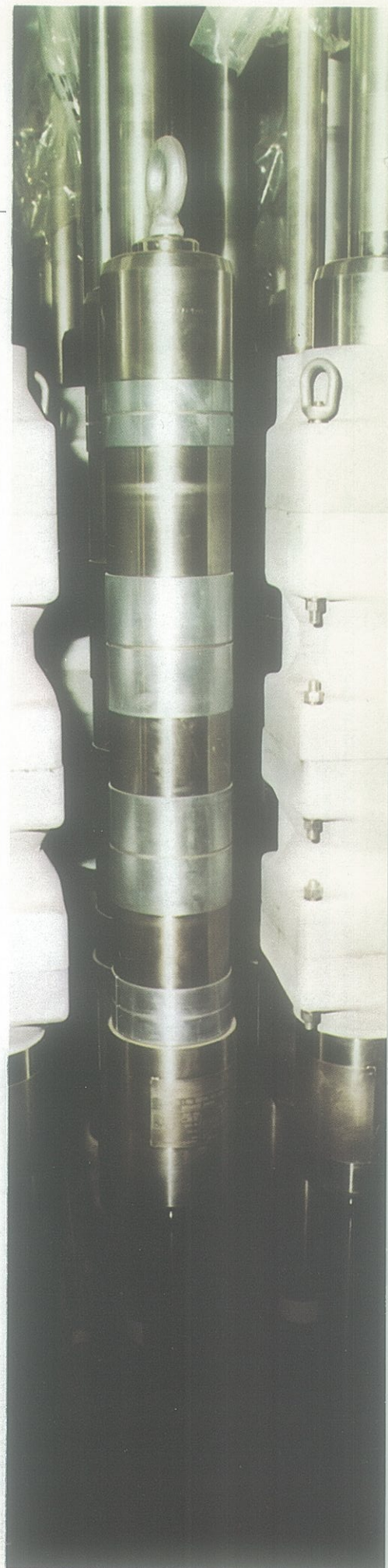
Asimismo se inició el montaje de equipos eléctricos, alumbrado definitivo y el de algunas bandejas para la instalación de cables, si bien todavía con poca entidad.

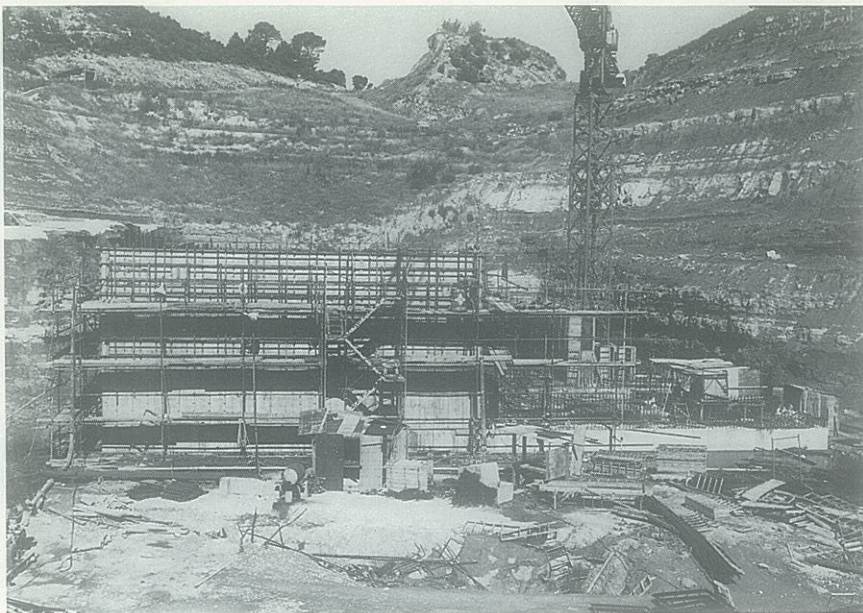
En el segundo grupo se experimentó un fenómeno, previsto, de levantamiento del terreno. El origen del mismo era en primer lugar la descompresión del terreno, debida a la retirada de carga que supuso la realización de la excavación, de una profundidad máxima de alrededor de 75 m y de unos 50 m para el conjunto de los edificios principales, a excepción del de turbina, y en segundo lugar la expansión de la roca margosa al entrar en contacto con el agua que, tras la excavación, podía llegar desde la superficie.

Para la cuantificación y el control se instaló una de las redes de auscultación más completas existentes en el mundo, con unos 200 puntos superficiales y medidas en profundidad.

La evolución de las medidas muestra la reducción del fenómeno con el paso del tiempo (de 1975 a 1979 se había reducido la tasa de levantamiento en cerca de seis veces, quedando en unos 0,5 mm mes). En adición a los ensayos y estudios que demostraban la progresiva reducción del fenómeno se tomaron una serie de medidas de seguridad complementarias, encaminadas a minimizar la posible influencia del fenómeno, traslado de los edificios más ligeros con hormigón de alta densidad para aumentar la presión sobre el terreno, mantener abiertas las juntas de construcción entre las diferentes partes de edificios un tiempo, hasta que fuera muy reducida la

Ascó I. Mecanismo y bobinas de accionamiento barras de control (noviembre 80).





Ascó I y II. Edificio desechos sólidos (agosto 79).

intensidad del desplazamiento, refuerzo de armaduras en algunas zonas y evitar la llegada de agua a los fundamentos mediante impermeabilizaciones y drenajes.

La construcción del segundo grupo mantuvo su ritmo a lo largo de este período; en diciembre de 1976 se alcanzaba el 60 % del vertido de hormigón en el segundo grupo, lo que representaba un desfase de unos seis meses en relación al primer grupo.

En el mes de marzo de 1976 fueron adjudicados los servicios de Puesta en Marcha, que se realizarían bajo la dirección de Bechtel y la coordinación de la propiedad en una organización que incluía personal tanto de Bechtel y de la propiedad como de distintas empresas de ingeniería.

El mes de diciembre fue presentado al Ministerio de Industria el programa de pruebas para la verificación prenuclear de la Central, seguido de la entrega del Informe Final de Seguridad en solicitud del permiso de explotación provisional, de acuerdo con el reglamento de Instalaciones nucleares vigente.

Para apoyar el desarrollo del proyecto, a lo largo de esta fase se produce el aumento muy considerable del personal en obra, que pasa de unas 1.500 personas en su inicio a 2.000 en julio de 1975, 2.500 en octubre de 1975, 3.000 en febrero de 1976, 3.500 en junio de 1976 y 4.000 en noviembre.

El personal de ingeniería se mantiene con algunas modificaciones en el período y el de dirección de proyecto y aprovisionamientos sufren un incremento de alrededor de un 40 % en el mismo.

Se inició la instalación de instrumentación, y en diciembre de 1977 se habían instalado los paneles y las consolas de la sala de control. El grado de avance en diciembre de 1977 era del orden de 5 %, que pasó al 35 % en 1978 y al 62 % a fin de 1979.

En la segunda mitad del año 1979 se

empezaron a transferir sistemas a puesta en marcha para que ésta pudiese iniciar el programa de pruebas sobre los mismos, y a fin de año 1979 se habían transferido 24 de los sistemas de la central.

Con la energización de la central iniciada en noviembre a través del transformador de arranque y las barras de 6,9, y prácticamente completada en diciembre, y la aprobación en dicho mes del programa de pruebas prenucleares, se inicia en 1980 la fase de puesta en marcha del Grupo I.

A finales de año se recibe la autorización para el almacenamiento temporal de combustible del primer grupo, que queda así dispuesto para recibir la primera carga de la central tras la realización de las pruebas y verificaciones de dicho edificio por el Ministerio de Industria.

Asimismo se recibió el permiso de transporte preciso para realizar el transporte en el territorio nacional del mismo desde su punto de llegada hasta la central.

En el Grupo II, tras la introducción de los equipos principales, prosigue la realización del montaje. A finales de 1979 se ha realizado la soldadura de los lazos del primario; el avance del montaje de equipo mecánico es de un 46 %.

En el campo de la instalación de tubería se habían montado a fines de 1979 unos 13.000 m de tubería grande, no habiendo comenzado el montaje de tubería pequeña. El avance global representaba el 11 %.

Se habían montado unos 17.000 m de bandejas, que representaban un 65 % del total y no había comenzado el montaje de conduit, quedando el avance global eléctrico en un 29 %.

No había comenzado el montaje de instrumentación.

Lógicamente, en esta fase el personal en el emplazamiento mantiene las cifras más elevadas. A todo lo largo de 1977 el número de personas en obra asciende

desde 4.200 a 4.700, y en 1978 se alcanza una punta de casi 5.200, aunque después, con la terminación de algunas obras civiles, su número se reduce, concluyendo el avance con 4.000, que serían 4.400 en enero de 1979. Posteriormente, en mayo de este año se vuelve a alcanzar una punta de 4.800 hombres, que se reduciría nuevamente a 4.200 a fin de año.

El personal de ingeniería se reduce de 300 personas a unas 200 fundamentalmente a lo largo de 1979, y el de dirección de proyecto vuelve a las cifras iniciales de unas 115 personas al disminuir la punta ocasionada por los aprovisionamientos.

LA FASE DE MONTAJE EN LOS GRUPOS I y II

En febrero de 1977 se introdujo la vasija del Reactor del primer Grupo en el edificio de contención; en los meses de marzo y abril se completaría la entrada de los equipos principales.

Estos acontecimientos pueden ser utilizados para definir la fase en la que, en el Grupo I, el montaje pasa a adquirir la máxima relevancia, lo que puede extenderse hasta diciembre de 1979 cuando se procede a la energización del Grupo, lo que marca el inicio de las pruebas en los componentes y sistemas de la central.

Dentro de esta fase aparece, a partir de 1978 y de manera más importante en 1979, la conflictividad laboral como fenómeno que influye en la marcha general de la obra, y periódicamente se producen paros en empresas contratistas que en algunos casos se extienden a toda la obra.

En marzo de 1978 se produjo un incendio en el almacén de obra que afectó a diversos equipos, en muchos casos del Grupo I, por lo que pudo procederse a su sustitución por equipos del Grupo II cuando estaban en avanzado grado de fabricación en la factoría del suministrador, de forma que se minimizase el impacto que podría suponer en el avance del proyecto.

El Ayuntamiento de Ascó acordó, en noviembre de 1978, la suspensión de las obras del Grupo II de la Central y de algunas correspondientes al Grupo I. Este acuerdo había seguido a la no concesión de la licencia municipal por supuestos motivos no urbanísticos, pese a haber sido informados favorablemente por la Comisión Central de Saneamiento y la Comisión Provincial de Servicios Técnicos de Tarragona. En enero de 1979, la

Audiencia Territorial de Barcelona cursó sentencias ordenando al Ayuntamiento de Ascó a conceder la citada licencia y suspendiendo los acuerdos del Ayuntamiento, ordenando la suspensión de las obras.

El diseño, a lo largo de este período, no constituye en forma general la actividad crítica, como había sucedido en las fases anteriores, y los esfuerzos quedan más bien orientados tanto a la continuación de la construcción como al montaje. En mayo de 1977, el avance de la ingeniería se evaluaba en un 85 %, y el desarrollo de planos de tubería, bandejas y programa de cables permitía el avance de estas actividades en obra. Sucesivamente, la resolución de las interferencias surgidas en obra pasan, esencialmente al final del período, a constituir una de las actividades rutinarias de diseño con más peso.

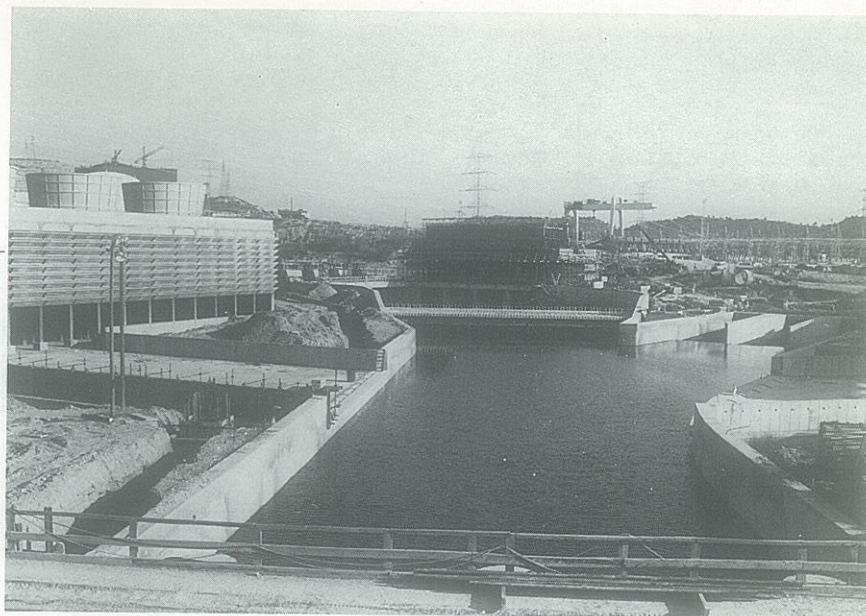
La concesión de caudales para refrigeración en junio de 1977, con la cláusula de incremento máximo de temperatura de 3°, supuso el reestudio del sistema de agua de circulación y el proyecto de torres de refrigeración a la descarga.

El 28 de marzo de 1979 se inicia el incidente de la Central de Three Mile Island. A raíz del mismo se sucedieron una serie de actuaciones de los organismos competentes en materia de seguridad nuclear para comprobar la seguridad de la instalación a la vista de la experiencia aportada por dicho incidente y reforzando algunos criterios relacionados asimismo con la seguridad. Algunos de ellos supusieron proyectos adicionales que se desarrollaron en paralelo con el proyecto principal (proyectos paralelos), para implementarlos en la construcción o montaje de la central a medida que iban quedando completamente definidos.

Desde comienzos de 1977, la obra civil en el primer grupo empieza a orientarse hacia bancadas de equipos, hormigones de segunda fase y acabados en general. Si bien estas actividades no suponen un volumen físico tan importante como el realizado en el pasado, requieren durante un tiempo considerable una dedicación significativa, aunque lógicamente decreciente, de personal. A principios de 1979 se inicia el enfilado de tendones en el edificio de contención.

Las obras comunes a ambos grupos, y concretamente las relacionadas con la toma de agua, constituirán durante 1977 y 1978 una de las actividades más importantes de la obra civil.

Las obras relacionadas con el sistema se iniciaron en la primera mitad de 1977



Ascó I y II. Sistemas de descarga (agosto 79).

en la parte de tierra, y tras la emisión de la autorización de la toma de caudales para la refrigeración de la central, otorgada en junio de 1977, se procede a realizar las obras en el río, que se inician con la ejecución de un apantallamiento para efectuar en su interior las estructuras relacionadas con la toma.

A lo largo de 1977 y 1978 se vertieron unos 75.000 m³ de hormigón estructural en estas obras. En 1979 continúan estas obras, realizándose el azud, aunque su finalización total, con el abatimiento de las pantallas, no tendría lugar hasta el tercer trimestre de 1980.

En el Grupo II las obras continúan. El desfase en relación con el Grupo I era a principios de 1977 de unos seis meses, que se mantiene a lo largo del año.

En 1978 también la obra civil del Grupo II está, en general, en fase de realización de hormigones de segunda fase y operaciones de acabados. El mes de julio de dicho año se introduce el presionador en la contención del Grupo II, lo que puede marcar el comienzo efectivo de su fase de montaje.

En 1977, el montaje se extiende en el Grupo I no sólo a equipos mecánicos, sino también a tubería, a pleno esfuerzo, montaje eléctrico e instrumentación.

Tras la introducción y nivelación de los equipos principales del circuito primario se procede a la soldadura de los lazos, que se completa en el año 1977.

En diciembre de 1977 se había introducido el rotor del turboalternador y se habían montado los tramos de tubería de intercomunicación superior con los recalentadores separadores de humedad. El alcance de montaje mecánico era entonces del orden del 55 % y había alcanzado el 80 % a fin de 1978 y el 88 % a fin de 1979.

En el área de tubería se habían montado hasta diciembre de 1977 unos 18.000 m de tubería grande y se había iniciado el montaje de tubería pequeña, lo que suponía un avance del 24%. A lo

largo de 1978 se alcanzó la cifra acumulada de 33.000 m de tubería grande y 13.000 m de tubería pequeña, lo que representaba un avance global del 70 %. A fin de 1978 quedaban pendientes de montaje unos 1.000 m de tubería, y el avance en todas las operaciones de montaje de tubería representaba el 81 %.

En el campo eléctrico, y junto con la instalación de cabinas y equipos eléctricos, se habían instalado en diciembre de 1977 el 86 % de las bandejas y el 25 % de los conduit. Asimismo, iniciado el tendido de cable en agosto de 1977, se alcanzaba en diciembre el 23 % del mismo. En diciembre de 1978 se llegaba a cerca del 65 %. En esa fecha el avance eléctrico global era del orden del 70 % del total. A fines del 79 se había superado el 92 % del cableado y el 63 % del conexionado, y el avance eléctrico representaba el 85 % del total.

LA FASE DE PRUEBAS DEL GRUPO I Y LA CONTINUACION DEL MONTAJE DEL GRUPO II

Tras la energización se inicia, el año 1980, la fase de pruebas de componentes y sistemas, que se desarrollan conjuntamente con las operaciones de acabados, tanto en la construcción y el montaje; la evolución del trabajo que se realiza en la central no se mide ya tanto en el volumen físico del trabajo realizado, los metros de tubería o cable tendidos, como por el número ponderado de sistemas concluidos, entregados a la organización de puesta en marcha para la realización de las pruebas correspondientes en la misma, o como por el avance del trabajo de dicha organización, que puede ser medido asimismo en función del número de sistemas, que han superado las distintas fases de la puesta en marcha, ponderando no sólo

en función de la importancia del sistema, sino también del valor que en cuanto a la realización del trabajo de puesta en marcha suponen las fases de las mismas que el sistema ha superado.

En el comienzo de 1980 se realiza el transporte de la primera carga de combustible desde su lugar de fabricación, en Estados Unidos, hasta el edificio de combustible del Grupo I, que se desarrolló con toda normalidad.

La conflictividad laboral se mantiene a lo largo de los primeros meses del año, y como efecto indirecto aconseja reorganizar la dirección de obra, segregando en la misma los aspectos técnicos, que siguen siendo asignados a la dirección de obra, de los laborales y de relaciones exteriores, que se asignan a una nueva organización, la dirección del emplazamiento que se ocuparía en exclusividad de dichos temas.

En el diseño, y junto con la conclusión de algunos puntos pendientes, la resolución de interferencias, el desarrollo de proyectos paralelos, y posteriormente la realización y comprobación de los planos «as built» constituyen actividades reseñables. La última de ellas, que se inicia en toda su intensidad a principios de 1981, supone la toma de medidas y realización de «as built» en obra por un grupo de diseño desplazado a la misma. Esta actividad conlleva el último chequeo de la construcción, produciendo listas de puntos a corregir, y un reanálisis de diseño, esencialmente en el campo de análisis de tensiones de tubería y soportes, incorporando los datos reales de construcción, comprobando que conducen a resultados correctos e incorporando modificaciones en las cosas en que se precisan.

El montaje se centra en la conclusión de los trabajos pendientes y en la implementación de estos cambios y correcciones introducidos por la Oficina de Ingeniería y las que la propia Organización de Obra ha detectado. Por ello el control del trabajo se orienta a través de listas de modificaciones y pendientes que quedan por concluir para la entrega de cada sistema y su sucesiva puesta al día.

El avance del montaje del Grupo I prosigue; medido por las magnitudes físicas realizadas, supone el paso del 85 % de avance global a principios de 1980 al 90 % en diciembre de dicho año, y este valor se refiere prácticamente a todos los tipos de montaje, con pequeñas diferencias, salvo al correspondiente al aislamiento que, por constituir una fase final, se encuentra todavía con un grado de avance del 20 % respecto al trabajo total. En junio de 1981 este avance era del 50 % y el global superior al 95 %, y en diciembre se llegaba al 99 % del avance global, superado en todas las áreas, salvo en aislamiento, en que el grado de avance suponía el 88 %.

Medido según los sistemas entregados a puesta en marcha, se pasa de un 15 %

de valor ponderado de sistemas entregados en enero de 1980 a un 45 % a fin de 1980, y a un 96 % a fin de 1981.

El avance de los trabajos propiamente de puesta en marcha empieza a ser significativo a lo largo de la segunda mitad de 1980, y a finales del mismo se había alcanzado el 23 % de las mismas. Para aumentar su ritmo se procedió, a principios de 1981, a reorganizar las interfaces entre construcción y puesta en marcha, con una mayor integración de los trabajos de acabados, limpieza y puesta en marcha y una mayor coordinación entre las organizaciones envueltas. Como hitos destacados del avance del trabajo merece destacarse la realización de la prueba hidráulica del secundario, realizada en junio de 1981, y la prueba hidráulica del circuito primario (Cold Hydro), que se realizó el siguiente mes de agosto, con un máximo grado de terminación en los sistemas auxiliares del primario en presencia de inspectores del Consejo de Seguridad Nuclear y del Ministerio de Industria, presencia e inspección que se mantiene a lo largo del proceso de pruebas en la forma preceptuada.

El 11 de octubre finalizaron las pruebas del recinto de contención. Consisten en una prueba de presión a 5 kg/cm² y una prueba de estanqueidad manteniendo una presión de 3,6 kg/cm² a lo largo de veinticuatro horas, y evaluando que las fugas de aire existentes son inferiores a los límites prescritos para las mismas.

La evaluación de las fugas se realiza por ordenador, teniendo en cuenta los datos de presión, temperatura y humedad que de manera muy precisa se recogen en 18 puntos del edificio.

La evaluación final de las fugas dieron como resultado un valor de 0,0002 del volumen total en veinticuatro horas, valor muy inferior al prescrito de 0,001.

El 31 de diciembre se iniciaron las operaciones previas a la realización de las pruebas de funcionamiento en caliente de la central, el venteo dinámico del circuito primario realizado por operaciones sucesivas de las bombas del circuito primario, y el 5 de enero se dio comienzo a las mismas con la presencia de los inspectores del Consejo de Seguridad Nuclear y del Ministerio de Industria. Estas pruebas consisten esencialmente en simular las condiciones de funcionamiento normales, en especial presión y temperatura, de los circuitos primario y secundario, así como de los sistemas auxiliares, utilizando como fuentes de calor las bombas del refrigerante del reactor y los calentadores del presionador. De esta forma se realiza una comprobación global de la correcta operación de todos los sistemas, llegando hasta la sincronización de la central a la red el 19 de febrero de 1982. Estas pruebas concluyeron el día 24 de febrero con pleno éxito.

El día 22 de julio de 1982 se otorgó por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe favorable del Consejo de Seguridad Nuclear, el Permiso de Explotación Provisional del Grupo I, y el día 31 de julio dio comienzo la carga de combustible, que quedó concluida el 4 de agosto, comenzando a partir de esta fecha el programa de pruebas nucleares.

A lo largo de 1980 y 1981 continuó el montaje del Grupo II. En diciembre de 1980 su avance se evaluaba en un 37 %. El montaje de equipos había alcanzado el 70 %, el de tubería, un 26 % (46 % en tubería grande e iniciándose el montaje de tubería pequeña). En montaje eléctrico, el 37 %, no habiendo procedido aún al inicio del cableado, que se realizó en 1981, y no se había procedido al montaje de instrumentación, igualmente iniciado en 1981. A final de 1981 se había alcanzado el 67 % del avance global de montaje, iniciado ya en todos sus aspectos (cables e instrumentación), excepto en aislamiento de tuberías, actividad final como se ha indicado.

En equipos se alcanzaba el 84 %, en tuberías, el 63 %; en montaje eléctrico, cerca del 70 %, y en instrumentación, el 11 %, estando preparado el comienzo de entrega de sistemas a la organización de puesta en marcha a comienzos de 1982.

Durante este año ha continuado la entrega de sistemas, que representa el 40 % del total a fines del mes de octubre. En esta fecha las actividades de puesta en marcha ocupaban un lugar destacado, siendo su grado de avance del 16 %. El avance del montaje era del 91 %, superando en todas las áreas el 90 %, salvo en instrumentación, en que se alcanzaba el 76 %, y en aislamiento, 20 %.

El 30 de junio de 1981 fue aprobado por el Pleno del Parlamento de Cataluña el dictamen emitido por la Comisión de Investigación sobre la Central Nuclear de Ascó, que se había constituido en el seno del mismo para emitir un dictamen sobre el «estado actual de la obra y de las instalaciones de la Central Nuclear de Ascó en relación con la licencia concedida y las normas vigentes en materia de seguridad», de acuerdo con el encargo efectuado en la sesión plenaria del 30 de julio de 1980. Sus conclusiones, a las que se había llegado tras un período de ocho meses de trabajos en el que presentaron testimonio sesenta y siete personas, entre ellas consellers de la Generalitat, alcaldes de la Zona, científicos, técnicos y representantes de organizaciones sindicales y comunidades, así como de las empresas propietarias y de la Junta de Energía Nuclear y en los que se recogió documentación, permisos, planos, memorias, eran plenamente satisfactorias en los dos aspectos contemplados, poniendo de manifiesto el cumplimiento de toda la normativa vigente en la construcción de la central.