

ORGANIZACION GENERAL DE LA OBRA

C. N. VANDELLOS

José María CAMPS BELLVE

INTRODUCCION

La estructura y organización de la Dirección de Obra de Vandellós está encaminada a realizar una gestión técnico-económica de los medios puestos a su disposición para la realización, en un más amplio sentido, de la construcción de la C.N. Vandellós II.

La complejidad técnica y, sobre todo, el volumen que una obra de este tipo conlleva, así como los requerimientos de garantía de calidad exigidos, hacen que la organización de obra sea compleja, debiendo evitarse en lo posible los personalismos y procurando una descentralización jerarquizada de las decisiones, así como el establecimiento de normas para la canalización de la información, que permita la toma de decisiones por parte de la Dirección de Obra, con el máximo grado posible de datos y con un profundo conocimiento de las repercusiones, sobre todo económicas (plazo y dinero), que dicha decisión puede acarrear.

ORGANIZACION DE LA OBRA

La obra está organizada con una Dirección de Obra compuesta por tres personas, un Director de Obra y dos Directores Adjuntos, ocupándose cada uno de ellos de una de las dos ramas en que se divide la obra: Rama de Producción y Rama de Servicios, tal como se indica en la figura 1.1.

Cada una de ellas se divide a su vez en grupos, con misiones específicas y ejecutividad en su campo.

Los grupos de construcción y monta-

je son los clásicos en una obra de este tipo.

- Grupo de Obra Civil (GOC).
- Grupo de Montajes Mecánicos Convencionales (GMC).
- Grupo de Montajes Mecánicos Nucleares (GMN).
- Grupo de Montajes Eléctricos (GME).
- Grupo de Montaje de Instrumentación (GMI).
- Grupo de Montaje de Aire Acondicionado (GMAA).
- Grupo de Limpiezas y Aislamientos (GLA).

en los que se incluye la organización de WESTINGHOUSE de apoyo para la dirección del montaje de la Isla Nuclear (ONIM).

Los grupos de servicios son:

- Grupo de Servicios de Obra (GSO).
- Grupo de Seguridad y Mantenimiento (GSM).
- Grupo de Asuntos Generales (GAG).
- Grupo Servicios Administrativos (GSA).
- Grupo de Desarrollo de Procedimientos (PRO).
- Mancomunidad de Servicios Médicos (SM).

Además existen grupos que si bien están en el emplazamiento e integrados en la organización de Dirección de Obra dependen jerárquicamente de sus respectivas unidades de Dirección de Proyecto. Son los siguientes:

- Grupo de Programación y Control de Costes de Obra (P y CC).
- Grupo de Jefatura Técnica en Obra (JTO).



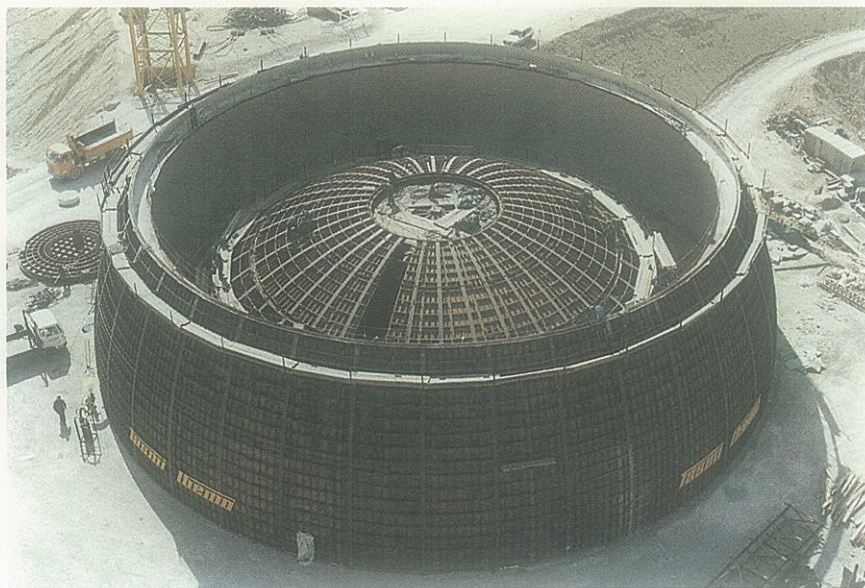
José María CAMPS BELLVE es Doctor Ingeniero Industrial por la ETSII de Barcelona.

Ingresa en ENHER en el año 1963, desarrollando sus primeras actividades en complejos hidroeléctricos, para pasar posteriormente a proyectos de centrales térmicas y nucleares, donde participa ENHER.

Actualmente es Director Adjunto de Obra en la Central Nuclear Vandellós II.

FECHAS SINGULARES EN LA CONSTRUCCION DE LA CENTRAL NUCLEAR VANDELLOS II

Colocación 1.ª ferralla	Junio 81
Colocación 1.º hormigón estructural	Julio 81
Inicio montaje tubería Ø > 2" en Isla Nuclear (Ed. Auxiliar)	Diciembre 82
Inicio montaje bandejas	Diciembre 82
Inicio montaje CVAA	Diciembre 82
Inicio premontaje condensador	Enero 83
Fin achique agua Casa de Bombas	Julio 83
Colocación última virola cilíndrica «Liner»	Julio 83
Inicio montaje tubería Ø > 2" en Isla Convencional (Ed. Turbina)	Agosto 83
Colocación grúa polar y 1.ª pieza de cúpula	Marzo 84
Inicio montaje tubería Ø < 2" en Isla Nuclear	Marzo 84
Colocación última pieza de cúpula	Mayo 84
Inicio montaje TG	Julio 84
Colocación presionador	Agosto 84
Colocación 1.º cajón Obra de Toma	Agosto 84
Colocación G. Vapor 2 y 3, carcassas bombas 2 y 3 y vasija	Septiembre 84
Colocación G. Vapor 1 y carcasa bomba 1	Octubre 84
Inicio tendido de cables	Enero 85
Fin expansionado tubos del condensador	Abril 85
Inicio instrumentación	Mayo 85



Premontaje en dos piezas de la Cúpula del Edificio de Contención.



Colocación de la primera pieza de la Cúpula (marzo 1984).



- Grupo de Ingeniería de Diseño en Obra (IIB-O).
- Grupo Apoyo Aprovisionamientos en Obra (GAO).

Asimismo, el Grupo de Garantía de Calidad Obra (GCO) depende directamente de la Jefatura de Garantía de la Calidad de la Asociación Nuclear Vandellós.

RELACIONES CON EL ENTORNO

Una obra de la magnitud como la que nos ocupa tiene un impacto no ya sólo laboral, sino social, que trasciende mucho más allá de las fronteras de un municipio.

Conscientes de esta problemática, se ha procurado desde un principio arbitrar los mecanismos conducentes a unas relaciones francas, abiertas y fluidas tanto a nivel de organismos oficiales de las Administraciones central y autonómica como Ayuntamientos, instituciones y personas físicas, que por razón de las obras han podido estar afectadas en mayor o menor medida.

No obstante, donde mayor énfasis se ha puesto en potenciar estas relaciones ha sido en el municipio de Vandellós y lógicamente el Ayuntamiento ha sido el órgano aglutinador de las inquietudes de la población y el interlocutor válido a todos los efectos. Esto, que por lógico parece una obviedad, tiene en Vandellós una especial significación, dada la configuración del municipio que está integrado por cinco núcleos urbanos: Vandellós, que da nombre al municipio y situado hacia el interior; L'Hospitalet de l'Infant, el de mayor número de habitantes y que por su situación en la costa experimenta en verano una fuerte incidencia turística, Masriudoms y Masboquera también hacia el interior, con población estable, pero numéricamente inferior a las anteriores, y La Almadraba también en la costa, muy cercana a la Central y al suroeste de la misma y con actividad, aunque importante, sólo en verano y evidentemente turística. Como queda dicho, todos estos núcleos están gobernados por un solo Ayuntamiento.

Otro aspecto a considerar es que Vandellós es el único emplazamiento del Estado Español que alberga dos Centrales de distinta generación. Hay que tener presente que la C.N. Vandellós I, de la primera generación, propiedad de HIFRENSA, hace trece años se conectó a la red, por lo que todo el mundo es consciente, por haberlo vivido anteriormente, del impacto que en sus aspectos positivos y negativos conlleva una obra de esta envergadura, así como que la continuidad de sus efectos de uno u otro sentido se prolongarán a lo largo de los años de explotación.

Con todos estos precedentes se desarrollaron las negociaciones con el Ayuntamiento de Vandellós que han conducido a obtener los permisos y licencias municipales preceptivos.

Los compromisos contraídos por la Asociación Nuclear Vandellós frente al

Ayuntamiento, resultado de las negociaciones anteriormente citadas se sustentan en tres planos:

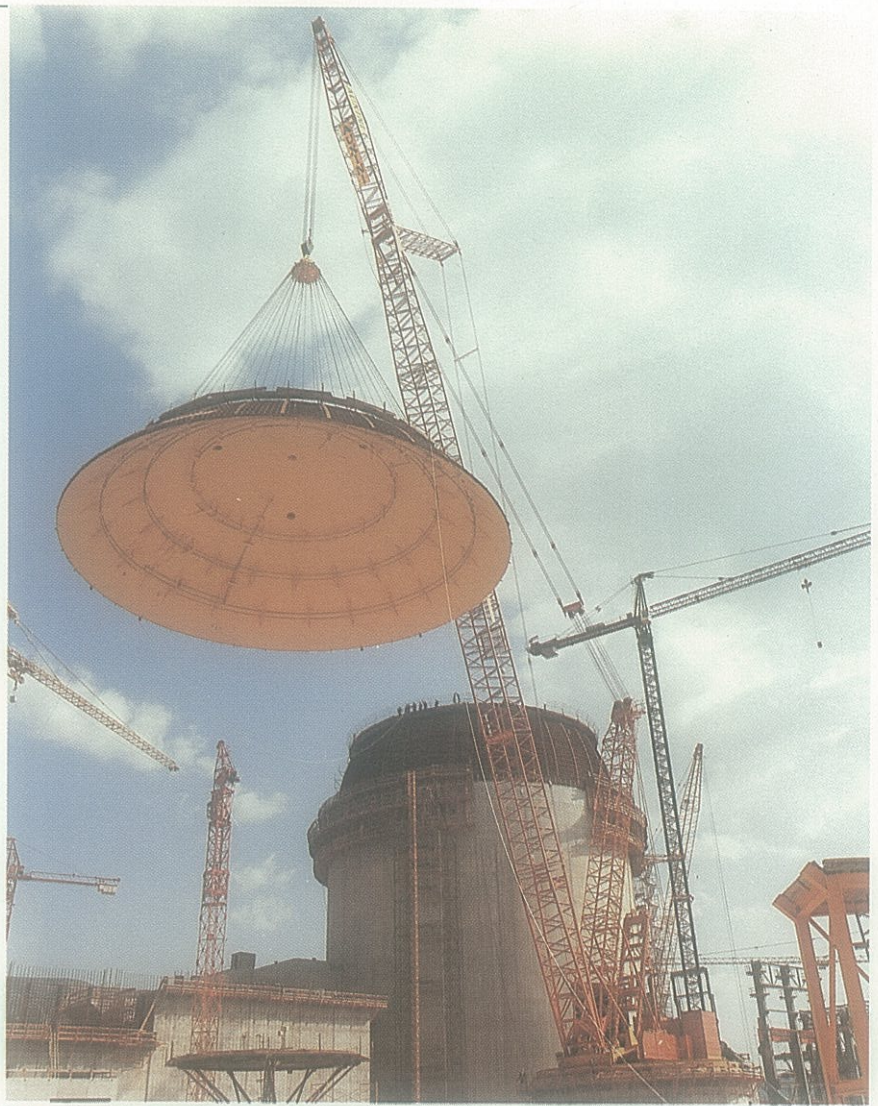
- Económicos.
- Sociales.
- Técnicos.

Dentro de las obligaciones contraídas de acontecer social cabe destacar, entre otros, los aspectos de becas para estudios, ocupación laboral de los vecinos, colaboración para la construcción de un grupo escolar, potenciación de instalaciones y actividades deportivas, gastos del transporte escolar y ayudas para el abastecimiento de agua.

En la vertiente técnica caben destacar los planes de medición y seguimiento de la radioactividad ambiental dentro del término municipal, de control hidrológico de la zona, de vigilancia costera del entorno y la información periódica al Ayuntamiento sobre la evolución del proyecto y de la obra.

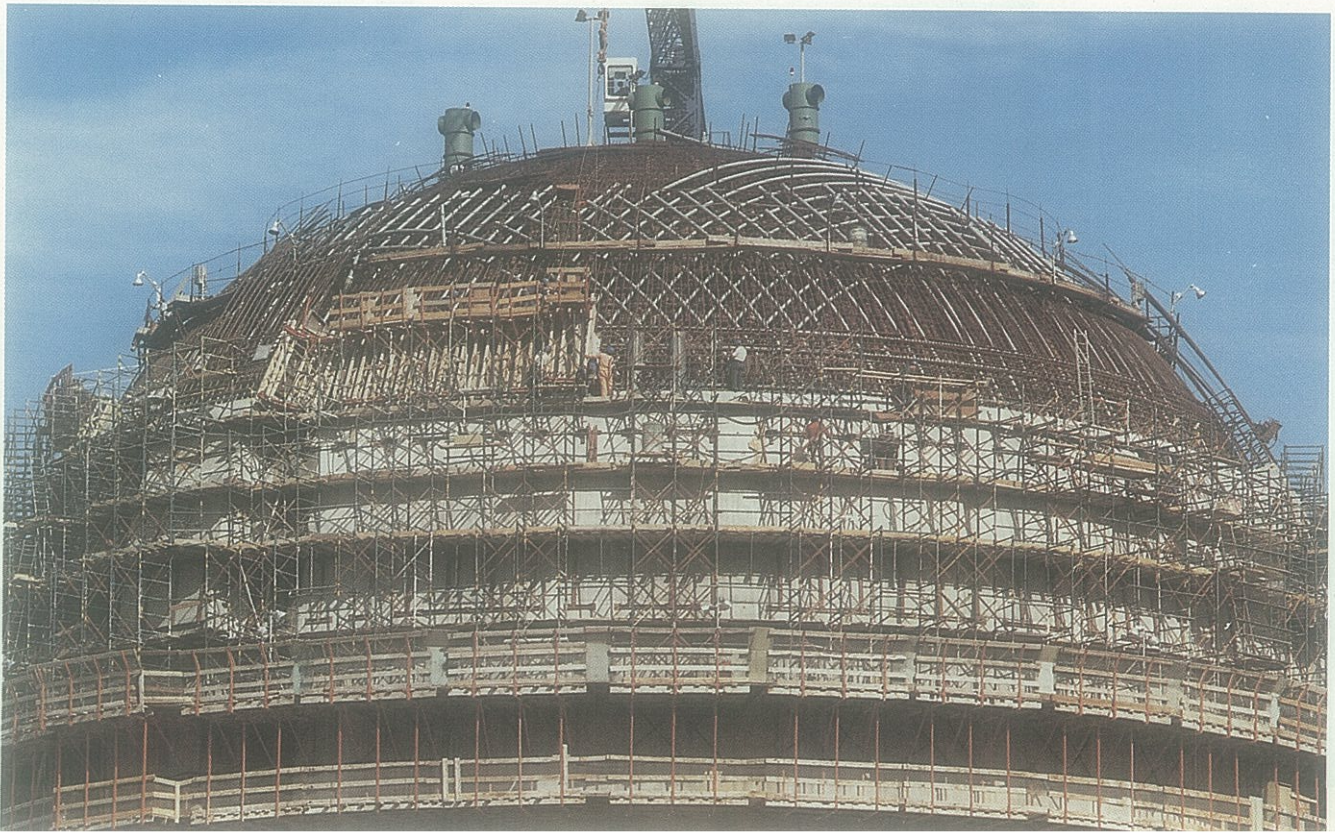
Otro aspecto contemplado en los acuerdos es el tratamiento dado en el aspecto urbanístico de la zona ocupada por la Central, lo que se concreta en el compromiso por parte de ANV de valorar conjuntamente con el Ayuntamiento el 10 por 100 del aprovechamiento medio urbanístico de todas las edificaciones y poner dicho importe a disposición del Ayuntamiento para la adquisición de terrenos dentro del municipio y destinarlos a zonas verdes o de usos generales de la población.

Para la negociación y posterior seguimiento de todos estos acuerdos, el Ayuntamiento ha estado asistido y asesorado por técnicos, arquitectos y juris-



Colocación de la segunda pieza de la Cúpula (mayo 1984).

Cúpula del Edificio del Reactor (mayo 1985).



tas, de reconocida solvencia, que a tal fin ha contratado, lo que ha permitido llevar las negociaciones a un nivel técnico, en su sentido más amplio, de mutuo entendimiento.

De toda esta exposición podría sacarse la conclusión de que las negociaciones estarían exentas de problemas. Nada más lejos de la realidad. El solo hecho de que fuesen casi siete los meses transcurridos desde la solicitud de Licencia de Obra al Ayuntamiento, una vez obtenida la Autorización de Construcción por parte del Ministerio, y su concesión, pueden dar fe del largo proceso seguido, pero llevadas a cabo con una comprensión y respeto mutuo que hicieron posible un trabajo positivo, prueba de lo cual han sido las muy correctas relaciones mantenidas con el Ayuntamiento y los vecinos del municipio.

OBRA CIVIL

INTRODUCCION

La Obra Civil Estructural de la Central de Vandellós II se inició en junio de 1981, vertiéndose el primer hormigón estructural en julio del mismo año, una vez obtenidas las preceptivas autorizaciones.

Sin embargo, las actividades del Grupo de Obra Civil se iniciaron mucho antes, ya que correspondió a este grupo el llevar a buen término la mayor parte de los trabajos preliminares o de preparación del emplazamiento y que comprendieron entre otros, la realización de campañas de reconocimiento geotécnico, excavaciones, explanaciones, inyecciones del terreno, vertido de hormigón de relleno o de restitución del terreno y ejecución de las instalaciones auxiliares necesarias para la construcción de la Central.

Dichos trabajos previos se iniciaron a partir de la autorización previa de la Central en 27-2-1976 y Licencia Municipal para los trabajos preliminares en 31-3-1976 y sufrieron fuertes oscilaciones en su ritmo de ejecución en función de las expectativas de obtención de las autorizaciones necesarias para iniciar la Obra Estructural de la Central, que fueron retrasándose hasta la fecha de 29-12-1980 para la Autorización de Construcción de la misma y 21-7-1981 para la Licencia Municipal de obras y de apertura de dicha instalación.

A partir de la obtención de estas autorizaciones se desarrolló la construcción a fuerte ritmo de la Central, lo que ha permitido superar en mayo de 1985 un vertido a origen de 180.000 m³ de hormigón estructural, que corresponde aproximadamente al 90 por 100 del total estimado para la Central.

ORGANIZACION

Se crearon en el seno del grupo de Obra Civil de la Propiedad los Departamentos de Oficina Técnica, Edificios

Nucleares, Edificios Convencionales y Servicios Auxiliares con el fin de atender a la gestión de planos de detalle, supervisión geotécnica del emplazamiento y supervisión de la obra civil y obras auxiliares.

Para la realización de una gran parte de la Obra Civil de la Central se estableció un Contrato de Administración intervenido con VANEA, agrupación temporal de tres importantes empresas constructoras.

Las características de esta modalidad contractual implican una disminución en los riesgos del contratista y de la propiedad a la vez que se mantiene el necesario nivel de estímulo para la optimización de la obra.

Entre los trabajos que se han incluido en este contrato cabe citar las excavaciones y rellenos, las estructuras de hormigón (con algunas excepciones), las bancadas, galerías y bancos de conductos, algunos trabajos de impermeabilización y drenaje, algunos trabajos de cerramientos y pavimentos, así como la realización de la mayor parte de las pinturas y recubrimientos sobre hormigones.

Para algunos trabajos como, por ejemplo, los edificios de administración y de talleres y almacenes se establecieron contratos tipo «llave en mano», dado que se pudo disponer de proyectos con un muy elevado grado de elaboración con anterioridad a la ejecución.

El resto de los trabajos se han desarrollado en base a un tratamiento «por componentes» que ha conducido a establecer numerosos contratos, algunos de ellos descompuestos en varias fases.

La evolución de personal en el emplazamiento para el contratista principal de Obra Civil (VANEA), con sus subcontratistas, ha sido la siguiente:

Diciembre 1981	627 h.
Diciembre 1982	1.239 h.
Diciembre 1983	1.604 h.
Diciembre 1984	1.126 h.

incluido el personal técnico/administrativo (T/A) que alcanzó 152 hombres en su momento punta.

Prácticamente durante toda la obra se ha trabajado a dos turnos y en el período álgido de la misma se estableció también un turno de noche que se ha mantenido hasta final del pasado año.

Es de destacar el peso importante que tiene en este tipo de obra el personal técnico/administrativo como consecuencia básicamente de la existencia de un Programa de Garantía de Calidad, así como de la necesidad de una cuidada coordinación y preparación de los trabajos dadas las múltiples interferencias e interfases que se producen.

PROGRAMA

En junio de 1981 comenzó la construcción de la Central en base a un Programa que preveía una duración de los trabajos de 66 meses hasta la Carga de Combustible. A los pocos meses de iniciada la Obra Civil, se estableció un

nuevo programa acelerado de 60 meses que obligaba entre otras consideraciones a adelantar la entrega por parte de Obra Civil, de las primeras plantas para inicio de los montajes en 1 de noviembre de 1982.

Ello llevó a redoblar los esfuerzos por parte de los Contratistas y Dirección de Obra y aportar medios adicionales, con cuyo concurso fue posible alcanzar este hito fundamental.

Posteriormente y con frecuencia anual se fueron marcando nuevos hitos de Obra Civil que asimismo fueron cumplidos en su totalidad. Ello ha permitido que no se haya afectado al camino crítico de la Central en su «tramo» de Obra Civil, aun cuando se haya alcanzado en algunos momentos una desviación de hasta un 15 % respecto a las previsiones globales de vertido de hormigón estructural, según el programa acelerado de 60 meses.

En la actualidad se contempla un programa de 69 meses desde el primer hormigón estructural hasta carga de combustible.

Un condicionamiento muy importante para el cumplimiento del programa ha sido el régimen de fuertes vientos, propio del microclima del emplazamiento, y que no ha permitido la utilización de las grúas torre durante ~25 % de los días, excepto un cierto intervalo hacia el mediodía en el mejor de los casos.

En el gráfico adjunto se indican los m³ de vertido de hormigón estructural previstos y los realmente alcanzados, con relación al cual cabe señalar el impacto debido al accidente de caída de dos grúas torre que tuvo lugar el día 3-9-1982 y cuyas consecuencias se dejaron sentir en los ritmos de Obra Civil durante los siguientes meses.

Como hitos principales cabe destacar, entre otros, los siguientes:

- 26- 3-82: Terminación losa base Edificio Contención.
- 1-11-82: Fin de acabados, bancadas y pintura sobre hormigones de las dos plantas inferiores del Edificio Auxiliar para inicio de montajes.
- 1-12-82: Fin de acabados de la planta inferior del Edificio de Control.
- 28- 2-83: Finalización del pedestal del Turbogenerador.
- 1- 5-83: Fin acabados del 50 por 100 de la planta 100 de los Edificios Auxiliar y Control para inicio de montajes.
- 1- 9-83: Fin losa 100 (planta de operación) del Edificio de Turbina.
- 15-11-83: Finalización de la losa de cubierta del Edificio Auxiliar.
- 24- 2-84: Hormigonado de la zona de piscinas del Edificio de Combustible (2.783 m³).
- 15- 3-84: Izado de la 1.^a pieza de cúpula del Líner del Edificio de Contención.

- 12- 5-84: Izado de la 2.ª pieza (última) de la cúpula del Líner del Edificio de Contención.
- 30-10-84: Finalización del relleno del Talud existente entre Edificio Turbina y Casa de Bombas.
- 31- 3-85: Finalización de la Casa de Bombas.

PECULIARIDADES

Son muchas las peculiaridades de la Obra Civil de C.N. Vandellós II, por lo que sin pretender hacer una relación exhaustiva dejaremos constancia de algunas de ellas.

RECINTOS ESTANCOS

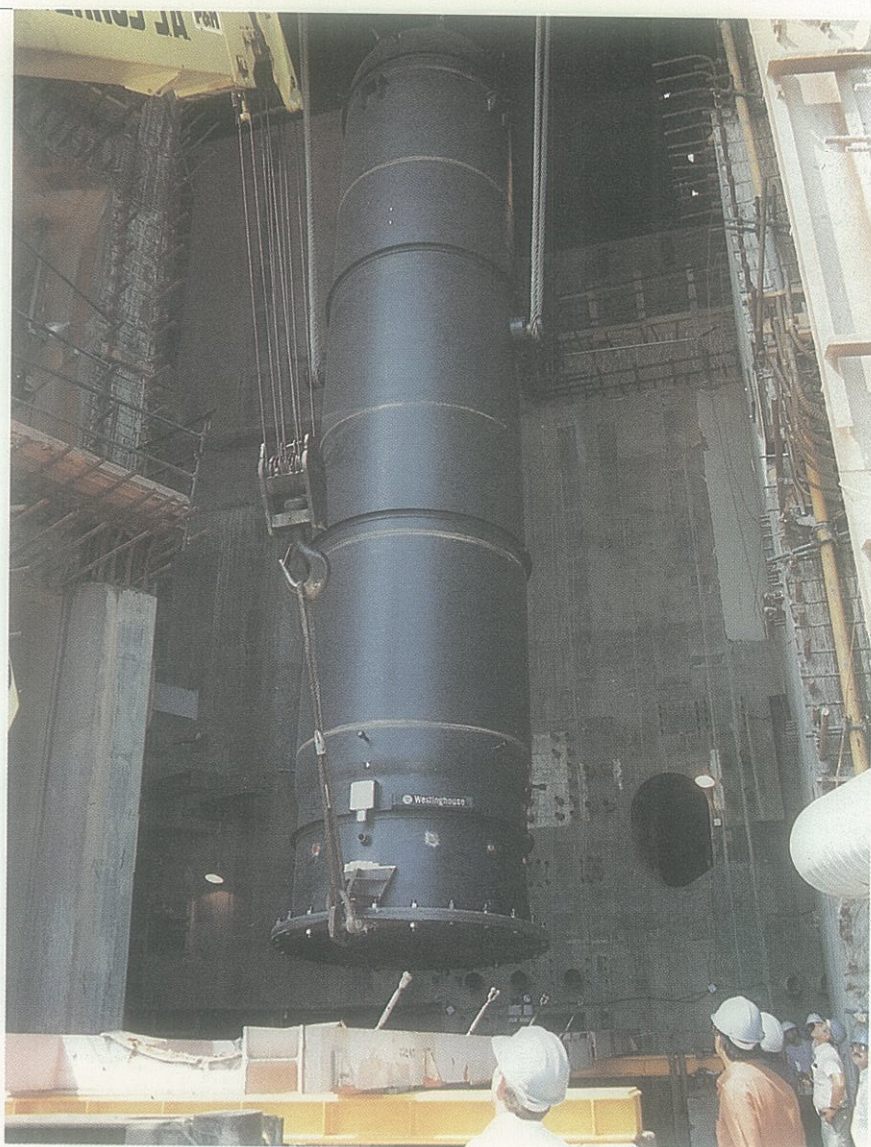
Ha sido necesaria la creación de tres recintos estancos diferenciados, realizados con hormigón sumergido, para poder construir «en seco» las estructuras de hormigón armado, cuya cota de cimentación era inferior al del nivel freático que coincide prácticamente con el del mar.

De estos tres recintos destaca por su especial dificultad el de la Casa de Bombas, que obligó a efectuar una excavación con voladuras hasta la cota -12 y posteriormente a la ejecución de una solera armada y anclada y unos muros de estructura metálica forrada, rellenos también de hormigón sumergido.

OBRA DE TOMA

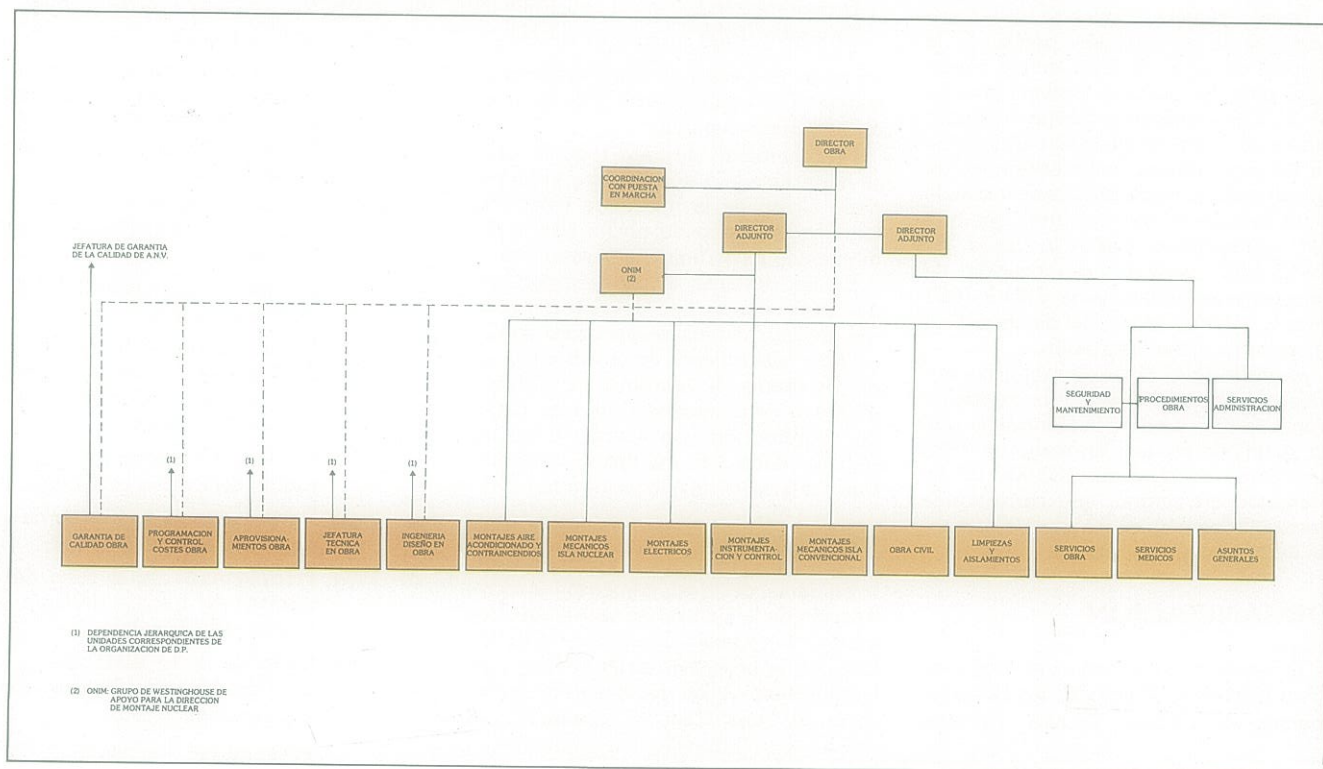
Está constituida por ocho cajones de hormigón armado de 40 m de largo y con un peso de ~ 2.000 Tm cada uno, lo que da una longitud total de 320 m.

Estos cajones se fabrican en un vara-



Entrada del Presionador.

Organigrama básico de la Dirección de Obra C. N. Vandellós II.



dero que se construyó en el emplazamiento con capacidad para la ejecución simultánea de dos cajones, y son botados posteriormente una vez conseguida su estanqueidad.

Un catamarán de grandes proporciones se utiliza para suspender, para su transporte y fondeo, los cajones que se colocan finalmente en una zanja excavada previamente en el lecho marino y sobre una capa de gravas para regularizar su asiento.

EDIFICIO DE CONTENCION

Se trata del primer Edificio de Contención construido en España con cúpula semiesférica y un sistema de postensado que utiliza para la cúpula los mismos tendones verticales de la parte cilíndrica del mismo.

Asimismo, y también por primera vez en nuestro país, el revestimiento metálico de la cúpula del Edificio fue izado en sólo dos piezas con la ayuda de una grúa Manitowoc 4600 con Ringer.

HORMIGONADOS

Se ha hecho una amplia utilización de distribuidores de hasta 42 m de radio para la colocación del hormigón, lo que ha conllevado alturas de bombeo superiores a los 70 m.

Se han efectuado hormigonados continuos de hasta 2.783 m³ y como aditivos se ha hecho uso de superfluidificantes que han permitido bajas relaciones agua-cemento y la obtención de hormigones muy compactos.

Para los casos en que se precisaba, por necesidades de blindaje, hormigón de alta densidad (~3,5), se emplearon áridos de magnetita y barita.

Con la finalidad de cumplir con los requisitos sobre temperatura de hormigonado en tiempo caluroso, se procedió a la instalación de una planta de fabricación de hielo en escamas con una capacidad de 50 Tm/día, con un silo de almacenamiento para 150 Tm.

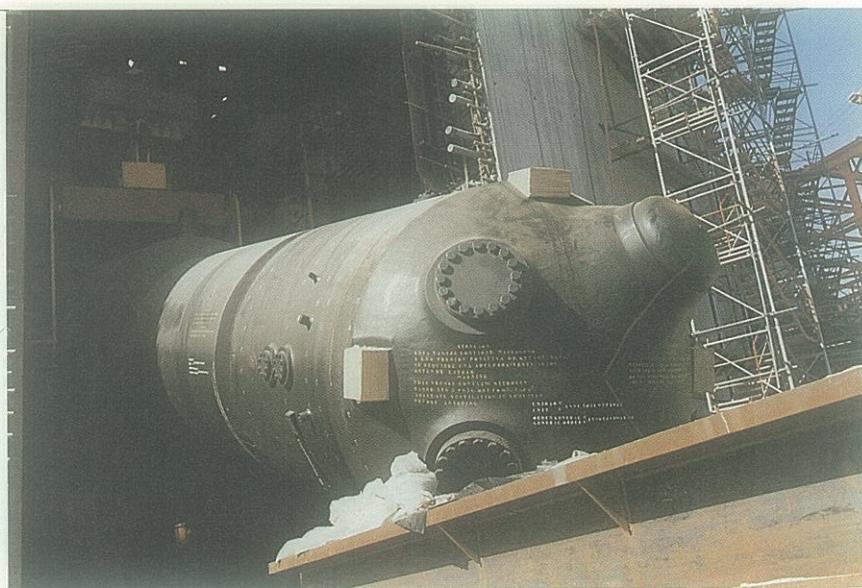
RELLENOS COMPACTADOS

Ha sido necesaria la ejecución de más de un millón de m³ de rellenos compactados para cuyo control se ha utilizado el densímetro nuclear (Troxler), lo que ha permitido la agilización de los correspondientes trabajos.

La sección de Geotecnia de Oficina Técnica ha efectuado una detallada supervisión de los mismos.

FACHADAS DE GRC

Para el cerramiento de algunos edificios, como el de Turbinas o el de Administración, se ha previsto, y está en curso, la fabricación y colocación de paneles de GRC (Glass Reinforced Cement) por razones básicamente de durabilidad y estética.



Generador de Vapor. Introducción en el Edificio de Contención (septiembre 1984).

MONTAJES MECANICOS

INTRODUCCION

En la Central Nuclear Vandellós II se ha seguido el criterio de dividir el montaje mecánico en dos partes, correspondientes a la Isla Convencional y a la Isla Nuclear.

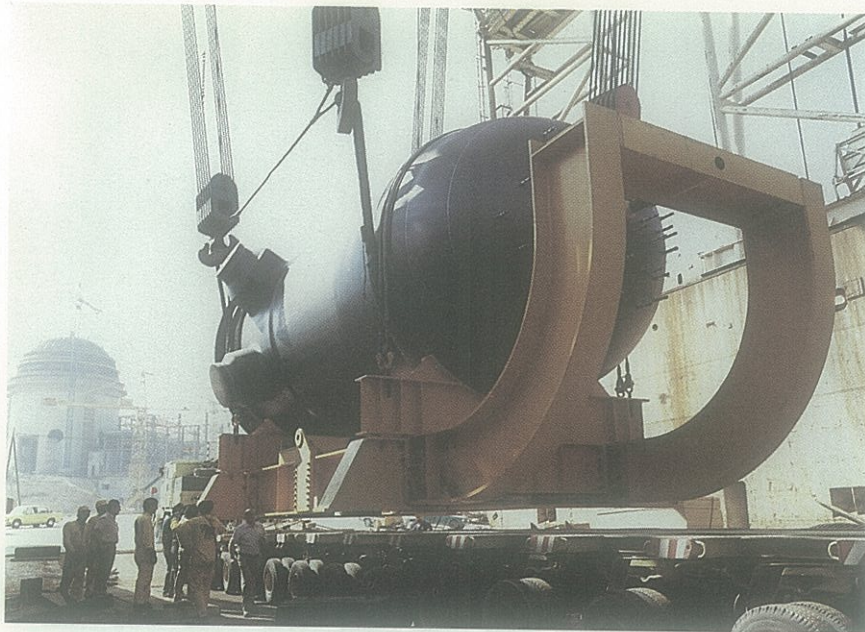
El Grupo de Montajes Mecánicos de la Isla Nuclear tiene bajo su responsabilidad el montaje de tuberías y equipos de los Edificios Auxiliar, Contención, Control, Combustible, Componentes y Desechos Radiactivos. El Grupo de Montajes Mecánicos de la Isla Convencional tiene bajo su responsabilidad el montaje de tuberías y equipos de los Edificios de Turbinas, Aparellaje eléctrico, Casa de Bombas de Agua de Circulación, Plantas de Tratamiento y Pretratamiento de Agua, Calderas Auxiliares y

de las Areas Exteriores. En ambos casos, la actuación de estos grupos abarca desde la elaboración de especificaciones de montaje y petición de ofertas a los Contratistas hasta la entrega de los sistemas a Puesta en marcha (PEM) y cierre de los Dossiers finales de calidad. Para la ejecución de los trabajos se cuenta con seis contratistas principales.

La dirección, planificación, apoyo logístico (tanto de ingeniería como de materiales), seguimiento y supervisión del montaje, así como la ingeniería de detalle, la resolución de interferencias y la coordinación con otras disciplinas del Proyecto son las misiones fundamentales de la organización de la Propiedad, además de la conformación de las certi-

UNIDADES DE OBRA CIVIL MAS SIGNIFICATIVAS

Excavación	1.150.000 m ³
Rellenos de tierras procedentes de la excavación	800.000 m ³
Relleno de tierras procedentes de préstamos	700.000 m ³
Hormigón de relleno	108.000 m ³
Hormigón en recintos estancos de Casa de Bombas y Descarga ..	27.000 m ³
Hormigón estructural	204.500 m ³
Armaduras	31.000 Tm
Uniones Cadweld	51.000 Unidades
Elementos metálicos embebidos	4.400 Tm
Encofrados	382.000 m ²
Estructuras metálicas	5.000 Tm
Chapa de revestimiento en contención (Líner)	1.440 Tm
Cable para postensado edificio Contención	1.000 Tm
Placas con pernos de expansión	21.000 Unidades
Pintura sobre hormigones	108.000 m ²
Paneles GRC en fachadas	15.000 m ²
Impermeabilización de cubiertas	30.000 m ²
Tubería de saneamiento (de Ø 200 a Ø 800)	4.700 m
Viales pavimentados	25.000 m ²
Vallado perimetral (doble valla)	2.900 m
Obra de toma (cajones prefabricados)	320 m
Escollera protección de costa	115.000 Tm
Instalaciones provisionales	290.000 m ²
Almacenes cubiertos	6.000 m ²
Conducción abastecimiento de agua	14.500 m
Carreteras de acceso	800 m

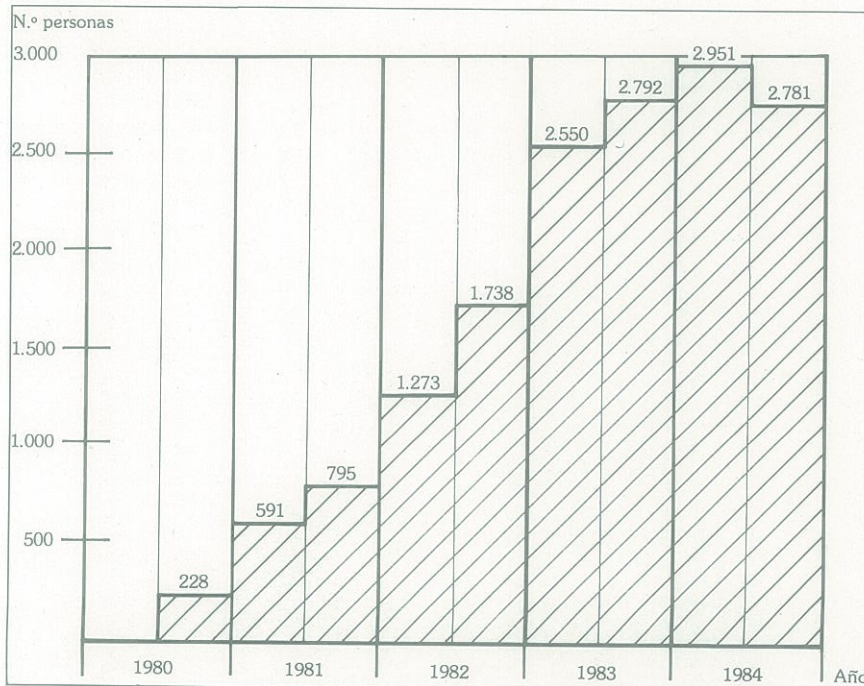


Descarga de la Vasija del Reactor (junio 1984).

Transporte de la Vasija del Reactor (junio 1984)



Evolución total del personal de Contratistas.



ficaciones mensuales de las mediciones del trabajo efectuado por cada Contratista.

Hay que destacar una particularidad singular de la C.N. Vandellós II y es que el montaje se ha realizado solapado con la Obra Civil, lo que ha obligado a realizar una planificación muy detallada con el fin de establecer prioridades de diseño y suministro de acuerdo con las áreas disponibles para el montaje y el programa de Obra Civil. Se ha comenzado el montaje en plantas de edificios cuando la planta superior estaba en plena construcción y habiendo edificios que ni siquiera se había comenzado la cimentación.

ORGANIZACION

Dada la complicación que reviste el montaje de una Central Nuclear por el gran volumen de obra a realizar, por el control documental y físico que se requiere de cada componente y por las interferencias de diseño e interdisciplinarias que surgen, cada Grupo se ha dividido en dos partes fundamentales, que son Gabinete Técnico y Secciones de Supervisión. Esta división permite liberar a las secciones de supervisión de llevar el control documental y los estudios de montaje a largo plazo y dedicarse plenamente al seguimiento del programa de detalle, supervisión de la obra ejecutada y resolución de interferencias con otras disciplinas.

El control documental y el procesamiento del gran volumen de documentos generados, así como los estudios de interferencias y planificación a medio plazo, gestión y activación de suministros, y seguimiento del avance de la obra, corren a cargo de los Gabinetes Técnicos.

CONTRATACION

La estructura de la contratación se ha hecho con los siguientes criterios:

- Contratar la obra al Contratista más adecuado para cada disciplina, lo que ha producido una determinada división, con el fin de disponer del Contratista más preparado técnicamente para su ejecución.
- Disponer de varios Contratistas para una determinada especialidad, con el fin de tener más de una alternativa y que no se alcance por ninguno una dimensión excesiva.
- Dejar un paquete sin contratar con el fin de tener más flexibilidad para regular el trabajo, así como para servirles de estímulo.

PLANIFICACION

La planificación de los trabajos correspondientes a los Grupos se hace a tres niveles de detalle y tiempo, además de programas adicionales de barras para la coordinación de actividades complejas con interfases con otras disciplinas del proyecto.

Así, existe un primer nivel de programación a largo plazo que recoge todas las actividades mecánicas con sus interfases y que se complementa con un segundo nivel a corto plazo estructurado por trimestres naturales con alto grado de detalle, donde se programan las necesidades de acuerdo con el estado real de la construcción. El tercer nivel es una programación muy de detalle a tres semanas, que permite en cada revisión semanal conjunta el analizar el grado de cumplimiento y los problemas surgidos.

DESARROLLO DEL MONTAJE

De acuerdo con la organización y la planificación ya explicada en los párrafos anteriores, se va a describir cómo se ha desarrollado el montaje, describiendo con más detalle aquellas actividades que representen alguna peculiaridad especial de su emplazamiento.

La exposición del desarrollo del montaje se ha dividido en dos áreas fundamentales en que se compone, que son el montaje de tuberías y el montaje de equipos.

En el montaje de equipos haremos mención especial al montaje de la grúa polar y a la introducción de los componentes del NSSS por sus peculiares características en este emplazamiento, así como al montaje del condensador principal.

MONTAJE DE TUBERIAS

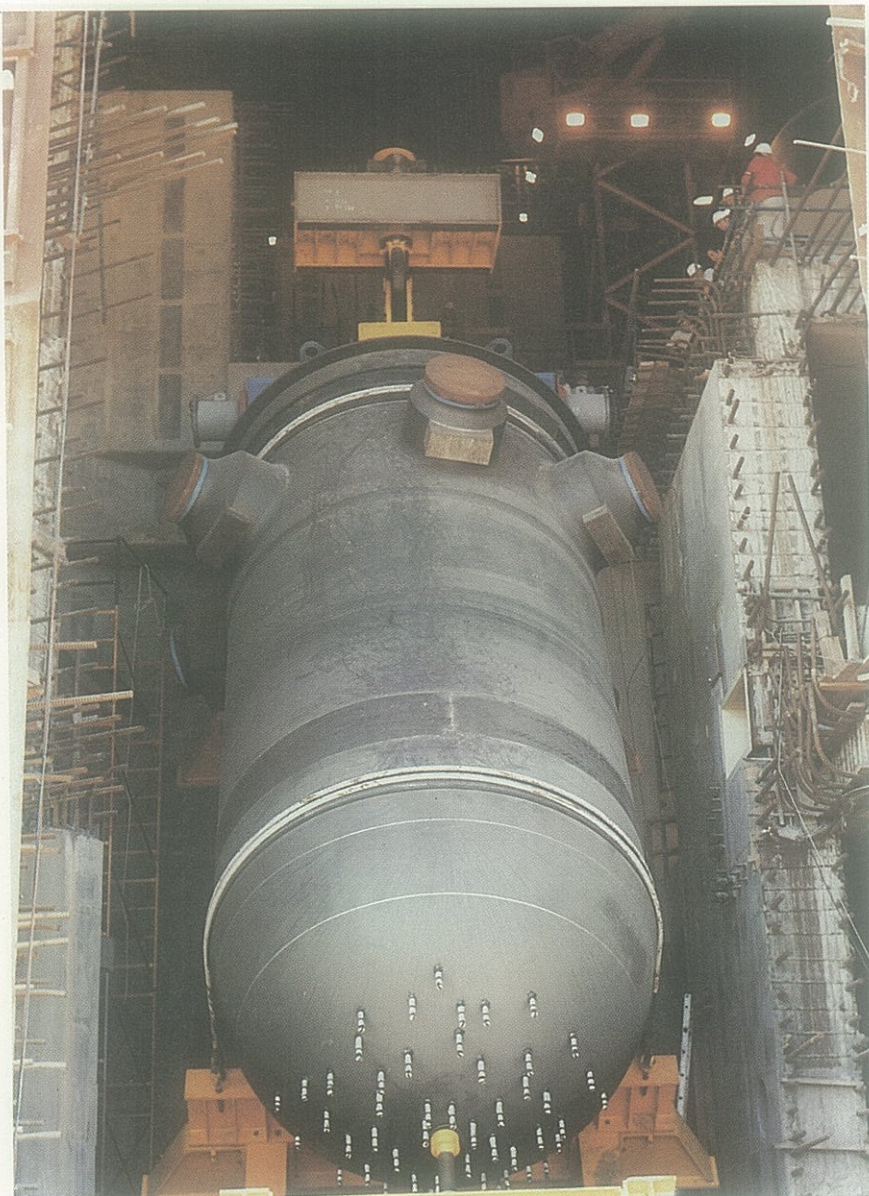
La actividad del grupo en el montaje de tuberías comenzó con la elaboración de la especificación de montaje, donde se indicó al Contratista la forma de ofertar, dándole los cuadros de precios unitarios requeridos y las condiciones de oferta. Al ser un contrato abierto se pidió precio de todas aquellas partidas que la experiencia de otras centrales demostraron que eran necesarias.

Es de destacar como peculiaridad propia de este emplazamiento, el solape del montaje con la obra civil, ya que cuando se comenzó el montaje en las plantas bajas del Edificio Auxiliar se estaban encofrando los muros de la planta inmediatamente superior, mientras que había edificios, como Desechos y Diesel, que aún no se había comenzado la cimentación.

Esta forma de trabajar produjo un decalaje de aproximadamente un año entre el comienzo de ambos Contratistas.

La programación a medio plazo organizada por trimestres, que era el motor de ingeniería y suministros, hubo que hacerla muy detallada, teniendo muy en cuenta el programa de Obra Civil con el fin de tener apoyo logístico en áreas ya terminadas. Se salvaron mediante una buena coordinación las dificultades producidas, fundamentalmente en accesos por el trabajo simultáneo dentro de un mismo edificio por Obra Civil y montaje.

Este sistema de programación ha tenido la ventaja de alargar el tiempo del



Colocación de la Vasija del Reactor en su emplazamiento definitivo (septiembre 1984).

montaje, pudiéndose hacer con menos carga de personal y, por tanto, mejorar en rendimiento y control.

Los encargados de área de la propiedad trabajan en íntima relación con los mandos del Contratista en Obra, siguiendo día a día los programas de detalle y resolviendo las interferencias que impidan su cumplimiento.

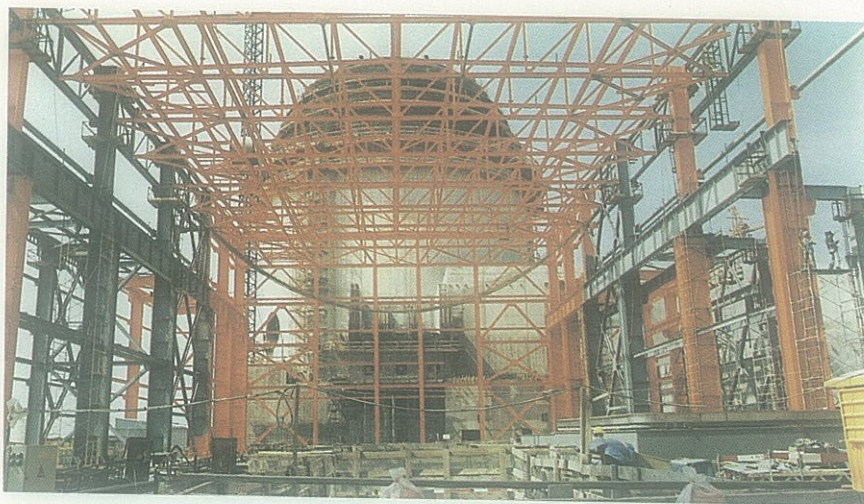
Asimismo, revisan con el Contratista

y aceptan de común acuerdo, levantando la correspondiente acta de aceptación de cada componente montado, siendo este acta requisito imprescindible para su pago.

Para la inspección de soldaduras coordina con el inspector de Garantía de Calidad, requiriendo de éste su inspección y aceptación para cumplimientos del programa y pago al Contratista.

VOLUMENES MAS SIGNIFICATIVOS DE OBRA A REALIZAR POR LOS GRUPOS DE MONTAJES MECANICOS

Tubería mayor de 2"	
Isla Nuclear:	26.000 metros lineales
Isla Convencional:	44.840 metros lineales
TOTAL:	70.840 metros lineales
Tubería menor o igual de 2"	
Isla Nuclear:	30.640 metros lineales
Isla Convencional:	19.360 metros lineales
TOTAL:	50.000 metros lineales
Válvulas mayores de 2"	
Isla Nuclear:	1.300 unidades
Isla Convencional:	1.270 unidades
TOTAL:	2.570 unidades



Vista Edificio Turbinas. Montaje de la estructura metálica (agosto 1984).

Debido a la diferencia en su tratamiento, la tubería se ha dividido en dos grandes grupos según su diámetro, que son:

- Tubería $> 2"$
- Tubería $\leq 2"$

La diferenciación se describe a continuación:

TUBERIA $> 2"$

Su característica fundamental es que el diseño de los isométricos y el soporte, así como su fabricación se hace fuera del emplazamiento.

El diseño que llega de este grupo de tubería llega en forma de planos isométricos y planillas de soportes. No se comienza su montaje hasta tener el isométrico de montaje, que es un plano integrado de tuberías y soportes, donde estos últimos están indicados con sus coordenadas, teniendo que ir a la planilla del soporte para ver su detalle. El isométrico de montaje implica que los soportes están diseñados y, por tanto, los análisis hechos.

Como apoyo logístico se dispone en obra de un grupo de la ingeniería principal para resolución de interferencias mediante la emisión de AMD (Avisos de Modificación de Diseño).

TUBERIA $\leq 2"$

La característica de esta tubería es que toda la gestión se realiza en el emplazamiento. Se dispone de un Equipo de Ingeniería, que ejecuta el diseño tomando mediciones sobre la obra.

El diseño emitido pasa al Gabinete Técnico, donde se hace el marcado de soldaduras y medición de materiales para su petición a los suministradores.

La resolución de interferencias las realiza el mismo Equipo de Diseño.

MONTAJE DE EQUIPOS

Las actividades secuenciales de montaje de equipos obligaron a confeccionar un programa de barras, con un seguimiento semanal de cada actividad, complicado por la escasez de espacio disponible a la entrada de Contención, y estar

este edificio en pleno montaje y construcción.

Los hitos más destacables de este programa fueron:

- Izado vigas grúa polar, marzo 1984.
- Terminación montaje tubería aspersión en cúpula, abril 1984.
- Terminación pruebas carga grúa polar, agosto 1984.
- Introducción presionador, agosto 1984.
- Introducción G.V. y bombas lazos 2 y 3, septiembre 1984.
- Introducción vasija, octubre 1984.
- Introducción G.V. 1, noviembre 1984.
- Comienzo soldadura lazos primarios, diciembre 1984.

La maniobra de izado de la grúa polar se hizo con una grúa Manitowoc 4600, montada sobre un pedestal de

hormigón para obtener la carga necesaria de radio previsto, aumentando su cota base desde 99.400 del terreno a 105 sobre el pedestal.

Cada viga de la grúa polar fue izada por separado, pesando 141.600 kg la primera y 137.600 kg la segunda. La grúa trabajó en el izado con un radio de 44.829 m y una longitud de pluma de 103,6 m.

La vasija y los generadores de vapor fueron izados con la grúa polar, previa maniobra de pivotamiento, tirando de la grúa y apoyando un carretón deslizante para pasarlos a la posición vertical.

El premontaje del condensador se realizó al exterior del edificio y seguidamente se procedió a la introducción y asentamiento de cada uno de los tres cuerpos en su interior sobre sus bancadas definitivas. La operación se realizó construyendo unos caminos de rodadura y haciendo avanzar el cuerpo del condensador sobre un total de 20 orugas, cinco en cada esquina, y empujando mediante un pistón hidráulico a cada lado.

Cada cuerpo en el momento de proceder a la introducción llevaba premontados los cuatro calentadores, siendo el peso total de cada conjunto de 450 Tm.

Una vez introducidos los tres cuerpos del condensador se procedió a levantar el muro sur del edificio, así como las losas de las tres plantas del edificio.

A continuación se procedió a terminar el montaje del condensador y a la introducción y expansionado de los tubos de titanio, operación ésta de especial significado por ser este condensador de doble placa tubular por cada lado.

El número total de horas/hombre directas empleadas en el montaje fue de, aproximadamente, 125.000.

MONTAJES ELECTRICOS

ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El contexto de los trabajos de montaje de la C.N. Vandellós II corresponden al montaje eléctrico los siguientes:

Montaje de equipos eléctricos y paneles de instrumentación, incluyendo: montaje de transformadores, interruptor principal de grupo, barras de fase aislada a 21 kV y barras de fase agrupada a 6,25 kV, penetraciones eléctricas al Edificio de Contención, cabinas de interruptores de MT, centros de distribución a 400 V, centros de control de motores, baterías, cargadores, onduladores y centros de distribución en c.c. y en c.a. para instrumentación, así como el montaje de pupitres y cuadros de Sala de Control, incluyendo además de los principales los correspondientes a los sistemas de control y protección del reactor, paneles de relés auxiliares, sistema de alarmas, armarios de instrumentación, etc.

Montaje del sistema de canalizaciones eléctricas, cuyo alcance para Vandellós II se concreta en 42.000 m de bandeja, tipo escalera y anchos 300 a 750 mm, y 72.000 m de tubo conduit, de 3/4" a 4", s/ANSI B2.1. Para el soportado de la bandeja se prevé quedarán instalados 5.600 soportes con un total de 965.000 kg y para el conduit 20.000 soportes con un total estimado de 200.000 kg.

Tendido y conexión de cables. En este apartado se incluyen los cables de potencia en MT y bt, los cables de control y los de instrumentación (se excluyen, pues, los cables de los sistemas de alumbrado, megafonía, telefonía y security).

Los estimados para Vandellós II se concretan en 25.000 circuitos con un total de 2.200.000 m de cable y 180.000 puntas a conectar.

Montaje de los sistemas de alumbrado, puesta a tierra de la Central, megafonía, telefonía y security plan.

PRINCIPIOS GENERALES DE ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Desde un punto de vista de acopio de materiales, elaboración de diseño detalle, administración de los contratos de montaje, programación y control de calidad, se han implementado los medios necesarios para respetar los siguientes principios, en base a los cuales descansa la organización de montaje eléctrico:

- El suministro de materiales es realizado íntegramente por la Propiedad a los Contratistas (excepto algún pequeño material). Así, el Grupo de Montaje realiza mediciones, activa el acopio y mantiene un stock de seguridad en relación a bandejas, conduits, acero para soportes, pernos, cajas de tiro y derivación, cables de potencia, control e instrumentación, cable y pequeño material de p.a.t. y tubo, cable, luminarias y equipos de alumbramiento y megafonía.

- El diseño de detalle, elaborado en base al diseño básico realizado por la Ingeniería del Proyecto, es realizado por el Grupo de Montaje, de forma que no se requiere una elaboración posterior por el Contratista para la fabricación en taller o el montaje en campo. Ello incluye como actividades principales en cuanto a horas-hombre empleadas, las siguientes: diseño de soportes de bandejas (incluso planillas para taller); realización



Edificio Turbogenerador.

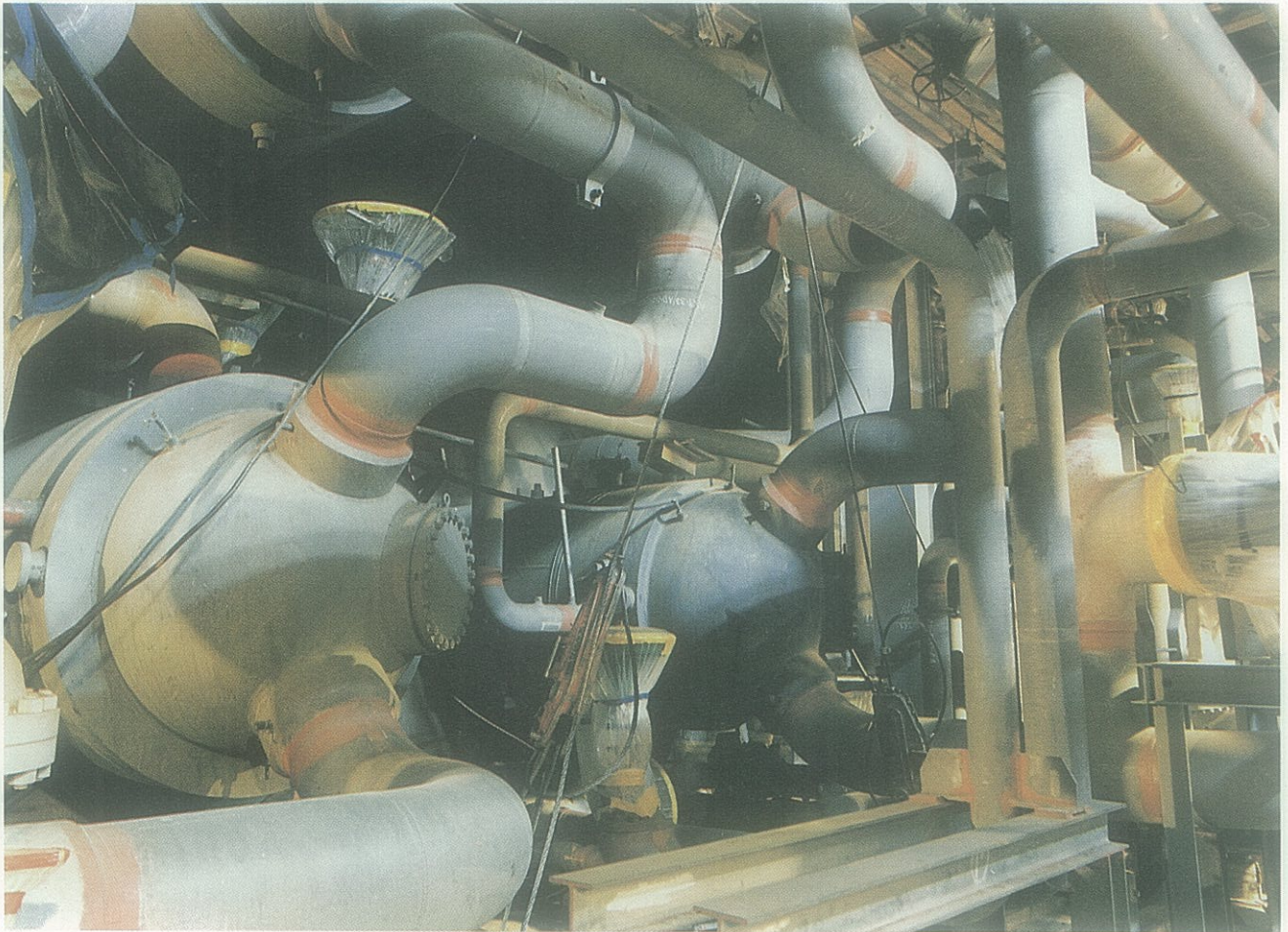
de diédricos de conduits de categorías sísmicas I y II, incluyendo su soporte; agrupación de circuitos en mazos para la optimización de la productividad del tendido; diseño de detalle de alumbrado, incluyendo la ubicación de luminarias, su asignación a circuitos, el dimensionado de cables y tubos; y el diseño físico de estos últimos, entregándose al contratista diédricos orientativos libres de interferencias para montaje.

- En base a la programación general de Construcción y Montaje, el Grupo de Montaje elabora programas trimestrales de detalle por actividad. Estos progra-

mas son contractuales y sujetos a penalización. La programación es de detalle en el sentido de que los ítems objeto de programación son, por ejemplo, un soporte para el montaje de bandejas; un conduit en el montaje de conduits, y un mazo en el tendido de cables.

- Los contratos de montaje están establecidos por el sistema de precios unitarios, habiéndose definido el alcance de cada partida, en detalle, en las respectivas especificaciones de montaje elaboradas por el Grupo de Montaje Eléctrico, hecho que, unido al control ejercido por la propiedad en cuanto al suministro, di-

Montaje de equipos.



seño de detalle y programación, está dando como resultado la minimización de trabajos a realizar por administración, consecuencia partidas no previstas de interferencias y/o de desmontajes.

– Unicamente se consideran certificables los trabajos, una vez superados los puntos de seguimiento e inspección previstos en el Programa de Control de Calidad aplicable para cada actividad. De ello se ha derivado la minimización del desfase entre el montaje y la inspección, dando como resultado que los avances de montaje son «limpios» en el sentido de que no quedan pendientes de la Inspección de Garantía de Calidad y, en consecuencia, de posibles rechazos o reparaciones.

– Finalmente, el grupo dispone de un sistema mecanizado para el tratamiento informático de datos, basado en que se dispone de una ficha de montaje para cada uno de los ítems que se citan a continuación:

- Soporte de bandeja.
- Tramo de bandeja.
- Soporte de conduit.
- Conduit.
- Caja de derivación.
- Caja de conexión.
- Tendido de un circuito.
- Conexión en origen de un circuito.
- Conexión en destino de un circuito.

Cada una de las citadas fichas identifica el ítem objeto de montaje; incluye la relación de materiales previstos; remite a la documentación de diseño necesaria, o la contiene (rutado y conexionado de cables); incluye las casillas necesarias a cumplimentar para el control de avance de montaje; incluye también las

casillas necesarias para el registro de los puntos de inspección del Programa de Control de Calidad aplicable, y constituye, una vez cumplimentada, el registro de garantía de calidad a incluir en el dossier final de construcción y montaje correspondiente.

MONTAJE DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

INTRODUCCION

Debido a que la actividad de instrumentación y control aparece en el escenario del montaje con un retraso importante frente a las otras actividades, se dispone de una organización de diseño que se adapta a las demás disciplinas ya instaladas.

Actualmente, el inicio del montaje es reciente y no permite conocer ritmos significativos de la actividad de instrumentación y control.

FASES DE CONSTRUCCION

Dentro del período de construcción distinguimos tres fases:

- Montaje por zonas.
- Montaje por sistemas.
- Montaje por entregas.

La primera cubre el período que va

desde el inicio hasta aproximadamente el 50 por 100 del total y es un montaje por zonas geográficas.

La segunda fase requiere el trabajo simultáneo de zonas atendiendo a los sistemas que deben finalizarse a medio plazo (dos-tres meses)

La tercera fase, la cual deberá simular también las dos anteriores, está enfocada a entregar los sistemas realizados en su totalidad.

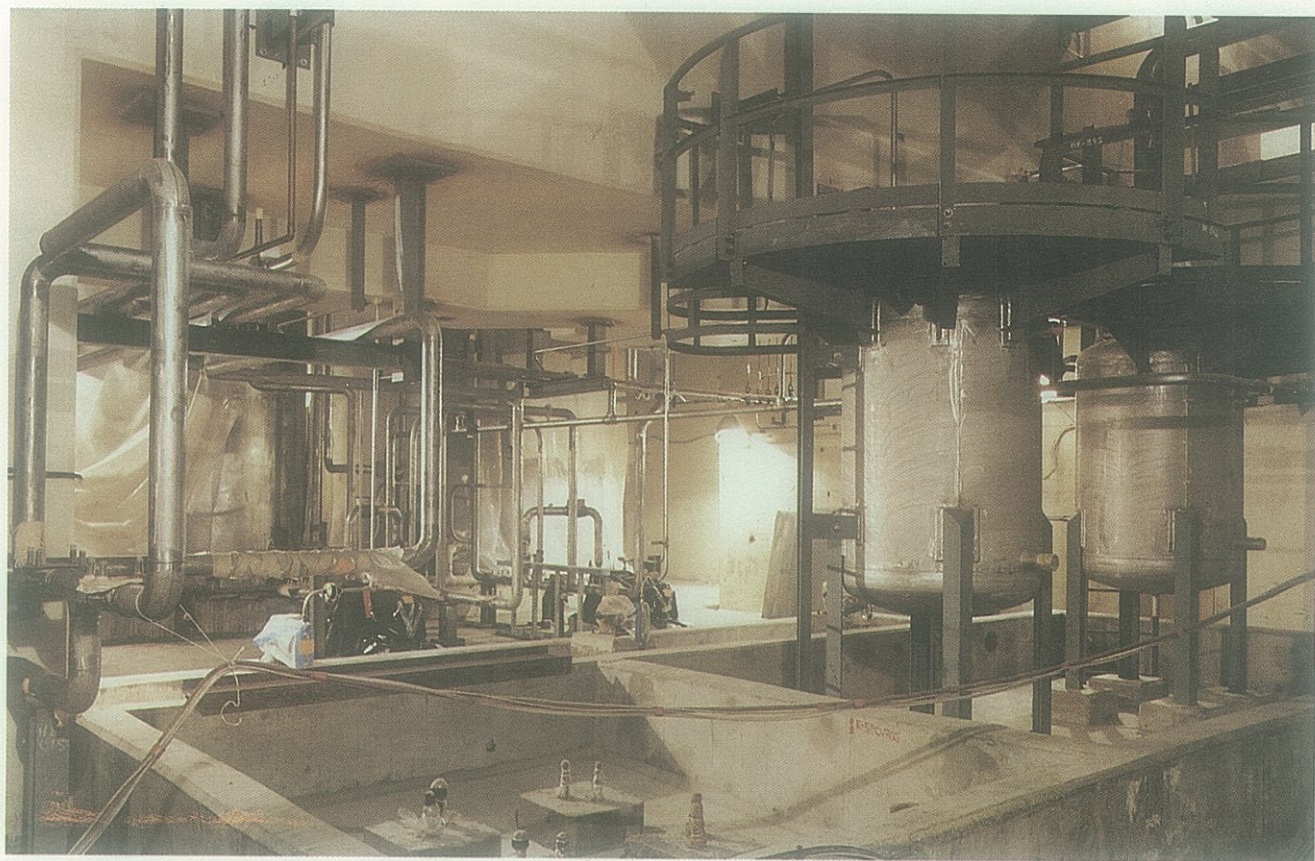
UNIDADES DE MONTAJE

Líneas de proceso de tubing (23.300 metros), líneas de proceso de piping (3.300 m.), acometidas neumáticas (15.800 m.) e instrumentos (de campo) (4.500).

PRINCIPIOS GENERALES DE ORGANIZACION DE LOS TRABAJOS

El grado de desarrollo de la información atiende a los requerimientos técni-

Montaje de equipos en el Edificio de Desechos (mayo 1985).



cos de los distintos elementos y su importancia dentro de la responsabilidad del funcionamiento.

Se ha agrupado en tres niveles de desarrollo de la información:

- Instrumentos y líneas no relacionados con la seguridad (clase).
 - Instrumentos y líneas no relacionadas con la seguridad (no clase).
 - Aportaciones de aire.
 - Líneas clase: se diseña en planta el trazado de la línea y se confirma la ubicación del instrumento.
- En gabinete se verifica por análisis de flexibilidad los puntos de soporte adecuados, los cuales dispondrán de cálculo analítico justificativo. Asimismo se opera con el soporte de los instrumentos.
- Líneas no clase: se diseña igualmente en planta indicando el inicio y el final de la línea con los puntos de soportación que determina el análisis de flexibilidad seleccionando los típicos de soportación y el recorrido acotado en forma de croquis.
 - Aportación de aire: se diseña en campo, con criterios funcionales generando un esquema simplificado.

Dentro del control documental que este departamento mantiene al día, está la parte informatizada, que permite conocer el estado del diseño básico, ingeniería de detalle, estado de los planos de los materiales, de los instrumentos, montaje ejecutado, etc., lo cual constituye una herramienta valiosa para el adecuado desarrollo de los trabajos.

Con objeto de poder atender las necesidades puntuales en la fase de entregas a PEM, se realizará un premontaje standard de elementos en laboratorio-taller, los cuales permiten disponer con antelación de conjuntos de instrumentos con sus elementos accesorios montados y probados.

Así, una vez en obra, se reciben y se calibran según los procedimientos del grupo, previa cumplimentación de las fichas de cada instrumento, anotando los datos necesarios para construcción.

A tal efecto se ha montado un laboratorio de unos 90 m² dentro del almacén de los instrumentos, el cual permite de una manera fluida el trasiego almacén-laboratorio-almacén en la fase de montaje.

Los equipos que dispone el laboratorio son los que en un futuro pasarán a puesta en marcha-explotación.

MONTAJE DEL AIRE ACONDICIONADO

Desde el inicio de actividades, diciembre de 1982 a marzo de 1985, se han montado 448.553 kg. de conductos y soportes y 141 compuertas, invirtiéndose en su montaje 97.815 horas-hombre.

Asimismo se han montado 102 equipos sobre un estimado actual de 149 unidades, empleándose 7.800 horas - hombre.

El estimado actual es de:

727.000 kg. de conductos y soportes,
270 compuertas de regulación,
302 compuertas cortafuegos,
30 baterías de calefacción,
25 compensadores de dilatación,
552 rejillas y difusores.

SERVICIO, ALMACENES Y MANTENIMIENTO

El servicio de almacenes y mantenimiento de equipos, encuadrado en el Grupo de Servicios Obra se ocupa de los equipos y componentes de la instalación en los aspectos de almacenamiento, mantenimiento y protección en tajo.

Con este servicio se pretende garantizar que las distintas interfases que van a sufrir no perjudiquen a los equipos, y que el mantenimiento y protección sea el idóneo para cada fase: almacenamiento, montaje, puesta en marcha y explotación temporal durante las fases anteriores.

Se trata, pues, de conseguir una continuidad de forma que este servicio no deja de actuar sobre un equipo más que cuando otra organización se hace cargo del mantenimiento del mismo, con procedimientos autorizados y con un tiempo de solape suficiente.

El servicio de almacenes y mantenimiento cubre estos objetivos con una serie de estructuras:

- Estructura de procedimientos: de manipulación, almacenamiento y mantenimiento, que respetando las exigencias del fabricante, se adaptan a la operativa standard del servicio.

- Estructura de mantenimiento y de protecciones en tajo, de forma que es el mismo equipo humano que se ocupa de los equipos en las distintas fases, si bien en cada una de ellas actúa por delegación o en colaboración con los responsables correspondientes, ya sea del Grupo de Montaje, de Puesta en Marcha, de Explotación, etc.

- Estructura de almacenamiento, que mediante una clara delimitación de responsabilidades por áreas de almacén

consigue un riguroso nivel de orden, limpieza y seguridad.

- Estructura administrativa íntegramente informatizada, que permite una agilidad en los distintos circuitos. Por ejemplo: cerrar el ciclo que comprende la recepción, desembalado, inventario, identificación, ubicación, emisión del informe de recepción del suministro y carga de todos los datos en el ordenador, se consigue antes de seis días tras la llegada a obra. La notificación con acuse de recibo de dicha llegada al grupo de montaje correspondiente se ha efectuado en un plazo de veinticuatro horas.

- Una estructura humana que estimula y se basa en la participación de todos los niveles de la línea en la gestión del servicio. Incluye un programa de formación continua en la doble vertiente de conocimiento de la central y el perfeccionamiento en las distintas especialidades, que aplica a todo el personal.

- Una estructura de control que, dotada de una elevada cualificación técnica, supervisa continuamente el estado del mantenimiento de los equipos y plantea soluciones a las situaciones problemáticas que se originan.

El servicio de almacenes cuenta en obra con 50.000 m² de campa pavimentada y con 6.000 m² de naves dotadas de sistemas de seguridad y contraincendios a base de detección iónica y red de rociadores de agua en general y de gas inerte para instrumentación. La climatización es la acorde con los niveles de almacenamiento, según ANSI N.45.2.2.

ANV dispone asimismo de 4.000 m² de nave y 4.000 m² de campa en el exterior del emplazamiento.

SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

El plan de seguridad e higiene para la obra de la C. N. Vandellós II es de aplicación obligatoria a todas las empresas que participan en la construcción y montaje de la central, cualesquiera que sean las condiciones contractuales que regulen su intervención.

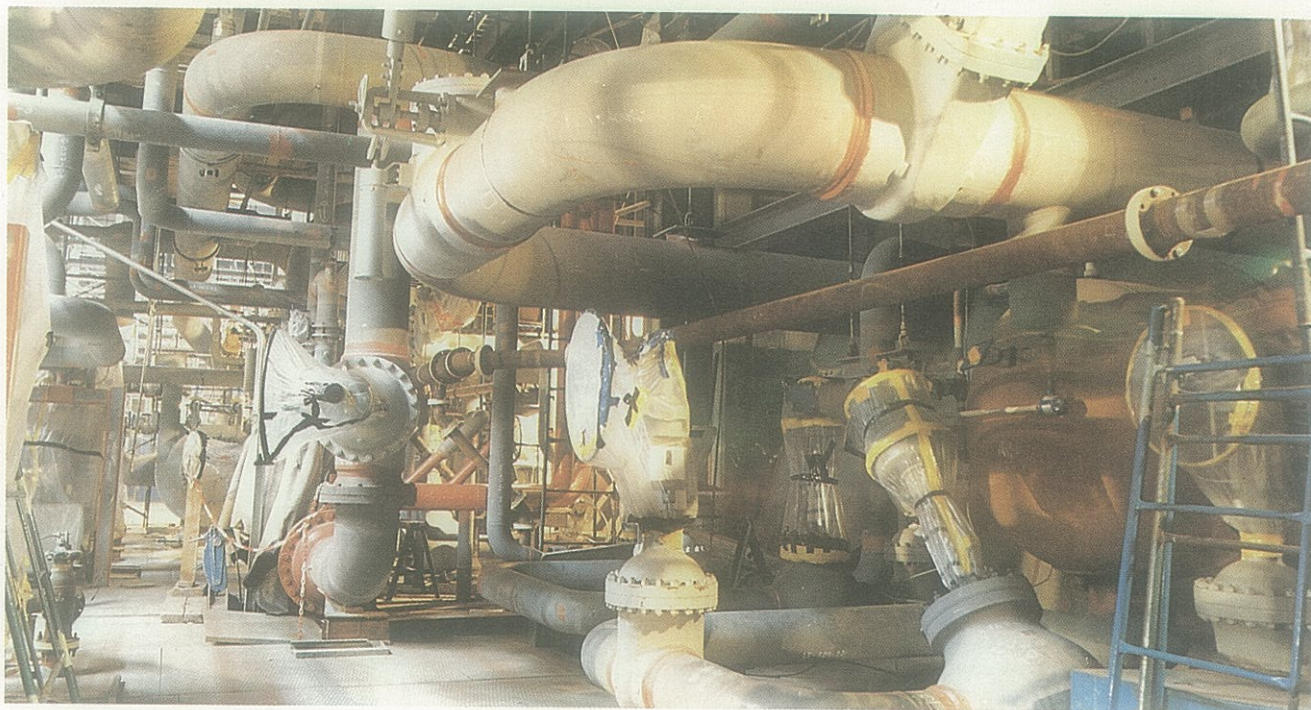
La influencia del plan abarca desde el proyecto hasta la terminación completa de la central.

El plan se incluye expresamente

como anexo a todos los contratos que se efectúan entre la ANV y todas las empresas que participan en la obra, así como las que suscriben las empresas de contrata con los subcontratistas.

ORGANIZACION DEL PLAN

A fin de llevar a la práctica la prevención y protección, el plan cuenta con los siguientes medios:



Montaje de Válvulas, Tuberías y Equipos en el Edificio de Turbinas.

– En las fases de proyecto y planificación se colabora con los grupos a fin de aportar desde un principio las medidas preventivas que deban ser incluidas antes de su fase de construcción o montaje.

– Antes de comenzar el trabajo en el emplazamiento, las empresas contratistas vienen obligadas a presentar su proyecto de seguridad dos meses antes del inicio de sus trabajos, así como normas específicas, etc.

Asimismo se realiza una inspección de los medios de seguridad que detalla dicho proyecto quince días antes de iniciar los trabajos.

Las empresas de contrata cubrirán una plaza de técnico de seguridad y los vigilantes necesarios.

– En las zonas de trabajo que por necesidades de la obra deben solaparse varias empresas para desarrollar sus trabajos, en determinados casos se establece la solución de nombrar un jefe de tajo como máxima autoridad para coordinar.

– Durante el desarrollo de los trabajos se efectúan una serie de revisiones periódicas de las condiciones de trabajo por el Grupo de Seguridad de la Propiedad, además de las revisiones que realiza la propia empresa de contrata o el Grupo de la Propiedad que controla la obra.

Estas revisiones dan lugar a una serie de anomalías o situaciones de riesgo, que son pasadas de forma verbal, o por escrito, a las empresas responsables de las mismas con copia al Grupo de la Propiedad que lleva el control.

Cada una de estas anomalías llevan una catalogación de leve, grave o muy grave, de acuerdo con los criterios esta-

blecidos en la OGS (O.M. 9-03-71), artículos 156, 157, 158 y 159. (Peligrosidad, actividad, circunstancias que propicien el accidente, número de trabajadores afectados, reincidencia, etc.)

En caso necesario el grupo de Seguridad puede resolver directamente la anomalía por medio de la Brigada de Seguridad con cargo a la empresa causante.

En cualquier caso, si por riesgo de accidente grave inminente o detección de anomalías importantes de seguridad, fuese aconsejable el Grupo de Seguridad, puede parar el trabajo hasta que sea resuelto el problema.

Además de estas revisiones normales de seguridad, también se lleva a cabo un programa mensual de chequeos de vehículos y otros elementos mecánicos de la obra: los resultados y acciones consecuentes son de obligado cumplimiento para las empresa de contrata.

– Investigación de accidentes y su estadística

Dada la importante fuente de información que proporciona el estudio e investigación de accidentes para adoptar importantes medidas de prevención, se

ha dado gran importancia a la investigación y control de los mismos.

De acuerdo con los servicios médicos, y a fin de que no se nos pierda ninguna información, cualquier intervención que efectúan por lesión producida en el trabajo, aunque no sea necesario baja laboral del trabajador, dará lugar a un informe de accidente (creado al efecto) y quedará controlado como tal.

De forma general se investigan sólo los accidentes que dan lugar a baja y aquellos que son repetitivos sin baja o los que por su casuística evidencien un riesgo importante a controlar.

En esta investigación es importante la colaboración de los mandos directos del trabajador cumplimentando los apartados de las posibles causas y medidas a adoptar para evitar la repetición de un accidente similar.

Con esta información se realiza el informe mensual de seguridad, que recoge todos los índices, entre los que destacamos los correspondientes (a frecuencia y gravedad, generales y de las empresas contratistas que por su importancia son representativos).

INDICES DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO

	1980	1981	1982	1983	1984
INDICE DE FRECUENCIA GENERAL (I.F.G.)	57,63	134,51	113,92	220,55	222,14
INDICE DE FRECUENCIA CON BAJA (I.F.B.)	28,82	45,79	55,46	56,77	47,44
INDICE DE GRAVEDAD	0,55	1,44	3,38	1,16	1,95
INDICE DE INCIDENCIA	4,93	9,23	9,55	9,95	7,16
PROMEDIO PERSONAL	250	500	1.300	2.500	3.300