

CENTRAL NUCLEAR DE VANDELLOS II

Juan ESTAPE ARNAU



INFORMACION GENERAL

La Central Nuclear de Vandellós II está proyectada y se construye por las Empresas Eléctricas Catalanas formando la «Asociación Nuclear Vandellós».

La participación de las empresas es la siguiente:

Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorçana, S. A. (ENHER) ...	54 %
Hidroeléctrica de Cataluña, S. A. (HEC)	28 %
Fuerzas Hidroeléctricas del Segre, S. A. (SEGRE)	10 %
Fuerzas Eléctricas de Cataluña, S. A. (FECSA)	8 %

La Central Nuclear de Vandellós II está situada en la provincia de Tarragona. La Central se ubica a orillas del Mar Mediterráneo, a 40 km. aproximadamente, al sur de Tarragona. El centro urbano más próximo es la ciudad de Hospitalet del Infante, situada aproximadamente al nordeste del emplazamiento, a 6,5 km.

El emplazamiento se sitúa entre la autopista A-7 y el mar, el Barranco de Lleria y la zona denominada Malaset.

La instalación está equipada con una caldera nuclear de agua ligera a presión, cuya potencia nominal es de 2.785 Mwt., que alimenta a un grupo turboalternador de una potencia aproximada de 980 Mwe brutos.

Dispone de tres circuitos de refrigeración, combustible en forma de dióxido de uranio ligeramente enriquecido y sistemas auxiliares y salvaguardias tecnológicas, todo ello de proyecto y suministro «Westinghouse Electric Corp.».

Las empresas Initec y Bechtel Power Corporation, en forma conjunta y solidaria se han asociado para realizar el Proyecto de Ingeniería básica y de detalle de la Central.

En cumplimiento de la normativa legal, y en concreto del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, las empresas eléctricas solicitaron y obtuvieron:

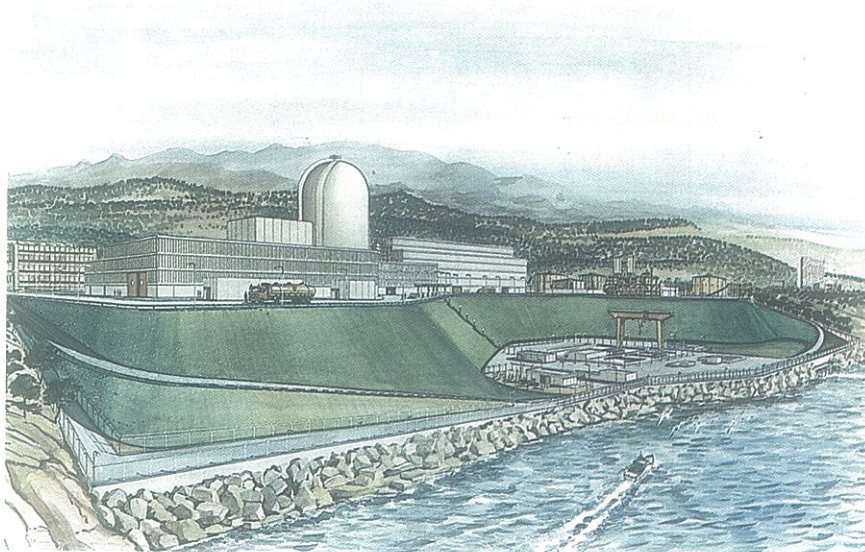
- La autorización previa de la Central el 27 de febrero de 1976, que supone el reconocimiento de la idoneidad del emplazamiento propuesto.

- La autorización de construcción de la misma el 29 de diciembre de 1980, tras un análisis técnico detallado del proyecto de la instalación y de la seguridad nuclear de la misma por parte de la Dirección General de la Energía y Junta de Energía Nuclear.

Por Resolución de la Dirección General de la Energía de fecha 9 de mayo de 1981, se concedió la Declaración de Utilidad Pública.

Una vez obtenido el permiso de construcción de la Central, se tramitó en el Ayuntamiento de Vandellós la obtención de la Licencia Municipal de Obras y Apertura, en cumplimiento del Reglamento de Industrias Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas obtenidas el 21 de julio de 1981.

El 30 de marzo de 1984 se efectúa, por parte del Ministerio de Industria, el anuncio de los proyectos de centrales



F I
Perspectiva artística.

nucleares con luz verde para proseguir su construcción, en relación con la propuesta de revisión del Plan Energético Nacional (PEN) del Gobierno y entre las cuales se encuentra Vandellòs II.

SITUACION DE LOS TRABAJOS DEL PROYECTO

Hasta el momento de la obtención del permiso de construcción, en diciembre de 1980, se realizaron trabajos preliminares a la construcción propiamente dicha, como fueron el desbroce, la explanación, la excavación, oficinas, alimentación de agua, energía eléctrica, etc., básicamente en el año 1977; posteriormente, a fines de dicho año 1977, el vertido de hormigón pobre de relleno primera fase, en sustitución del terreno, y a partir de entonces la segunda fase de dicho vertido y las excavaciones y hormigonado bajo la capa freática de la zona del edificio de turbinas.

Es importante destacar la etapa de realización de los estudios geotécnicos del área del emplazamiento, cuyo inicio cerraba la etapa de estudios geológicos de índole local general, cuyos primeros resultados se remiten a la Dirección General de la Energía, formando parte del Informe Preliminar de Seguridad de la Central el 11 de septiembre de 1976.

El estudio geotécnico finaliza en primera etapa el 30 de agosto de 1977, reafirmando la viabilidad del emplazamiento, una vez terminada la totalidad de la campaña de sondeos.

El inicio de colocación de ferralla, que antecede al vertido de hormigón estructural, tuvo lugar el 1 de junio de 1981, iniciándose el vertido de hormigón estructural una vez obtenida la licencia de obras y apertura del Ayuntamiento de Vandellòs (21-7-81).

El programa de partida tiene una duración de sesenta y seis meses, desde la fecha del primer hormigón estructural

hasta la carga de combustible en el reactor. Dicho programa se halla completado por un programa de ingeniería y otro de aprovisionamientos. Tal y como se desprende de la duración anterior, el cumplimiento estricto del programa colocará al Proyecto Vandellòs II al mismo nivel que los proyectos mundiales con programas de construcción más ajustados.

A partir del 29 de diciembre de 1980, fecha en que se obtuvo el permiso de construcción de la Central Nuclear de Vandellòs II, la organización de actividades en la obra fue encaminada a lograr un inicio de colocación de ferralla (1 de junio de 1980) que permitiera verter hormigón estructural inmediatamente después de obtenida la licencia de obras y apertura del Ayuntamiento de Vandellòs (21-7-81).

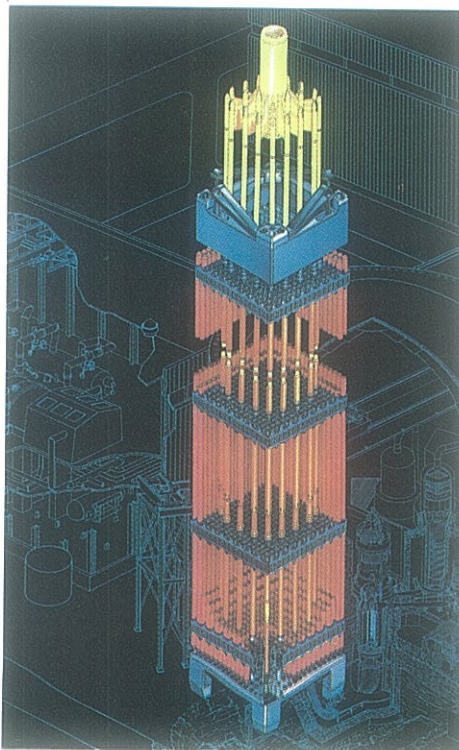
El 23 de julio de 1982 se firma el contrato ONIM (Organización del Montaje de la Isla Nuclear) con Westinghouse Nuclear Española, para la participación de técnicos de Westinghouse en la dirección del montaje de la Isla Nuclear y Puesta en Marcha de la Central, integrados en la Organización de la Dirección de Obra Vandellòs.

En el mes de julio de 1982 se inició la fabricación de tramos de tubería grande (spools), lo que permitió iniciar el 1 de diciembre de 1982 el montaje de tubería en el edificio auxiliar.

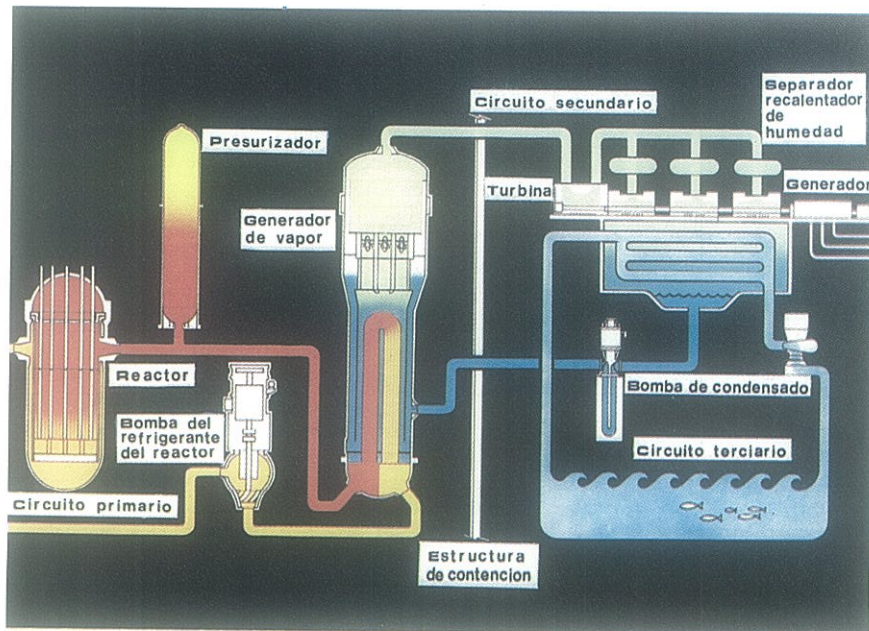
En el mes de julio se firma el contrato con VANEA (Vandellòs Empresarios Agrupados) para la ejecución de la Obra Civil de la Central.

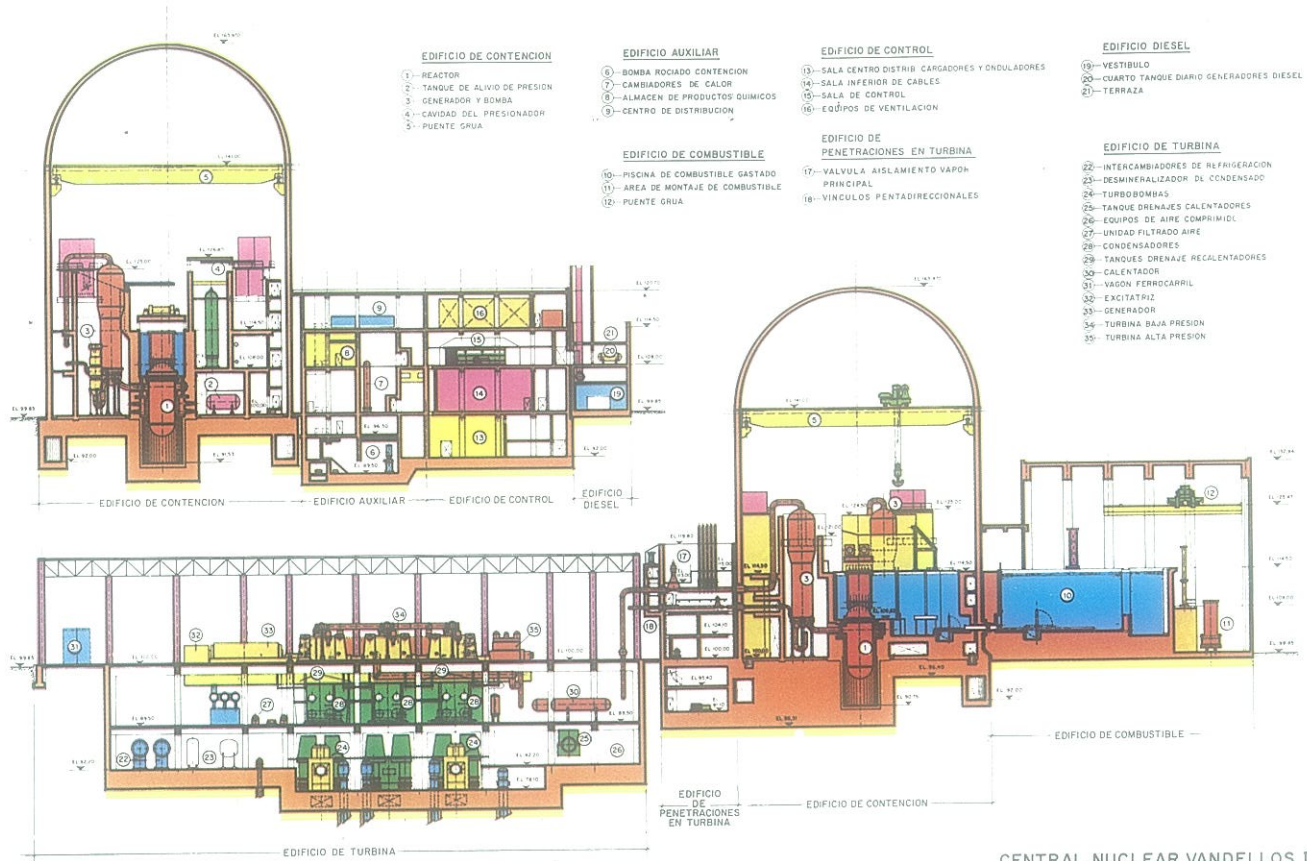
En el cuarto trimestre de 1982 se obtiene el permiso de la Generalitat para efectuar vertidos del agua de refrigeración de la Central.

F III
Elemento combustible.



F II
Esquema de la Central.

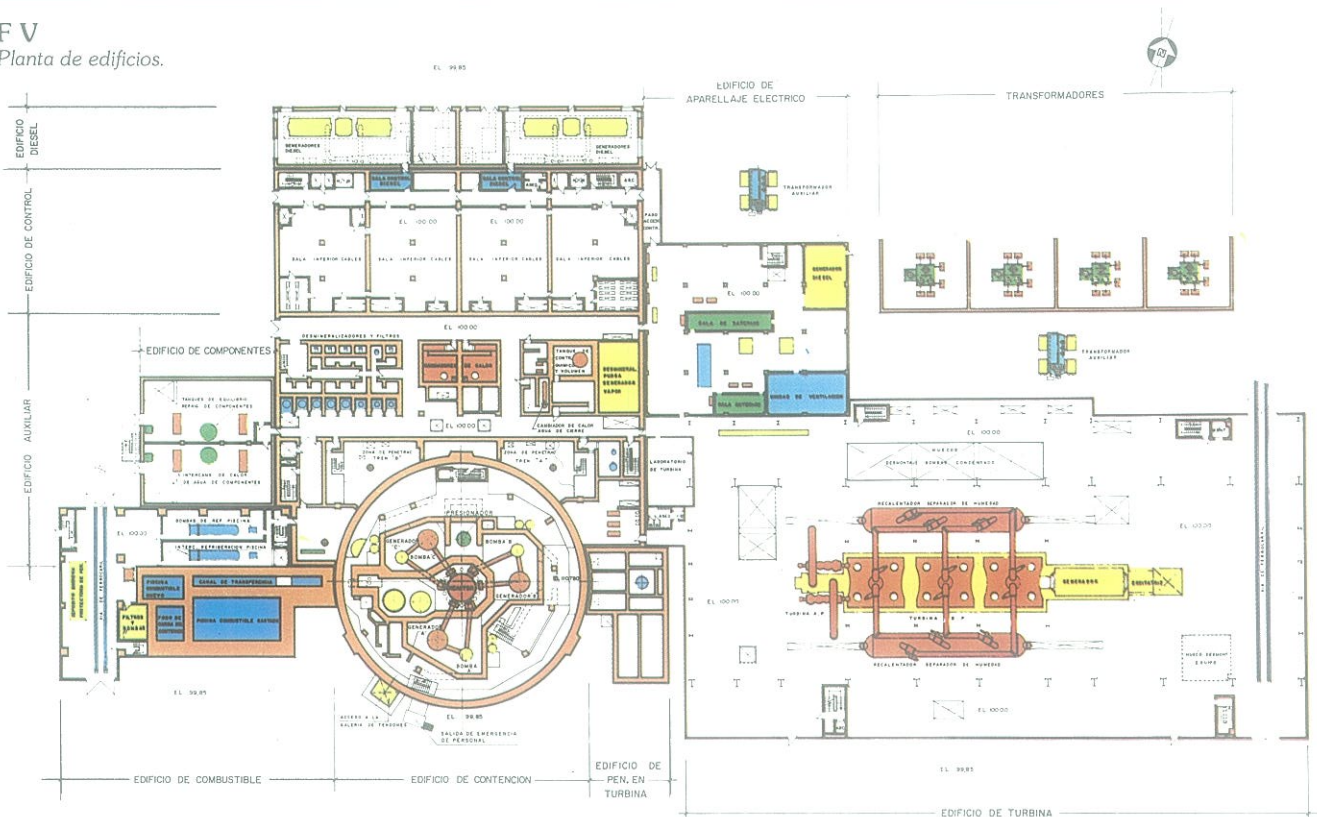




CENTRAL NUCLEAR VANDELLOS II
SECCIONES GENERALES

F IV
Secciones generales.

F V
Planta de edificios.



CENTRAL NUCLEAR VANDELLOS II
PLANTA DE EDIFICIOS

Se inician, asimismo, a finales del año, las actividades de confección del Informe Final de Seguridad de la Central, con objeto de cumplir con el correspondiente Condicionado de la Autorización de Construcción.

El grado de avance de la ingeniería del proyecto a finales de diciembre de 1983 alcanza el 78,12 %

En diciembre de 1982 se iniciaron los montajes mecánicos de la Isla Nuclear, aire acondicionado y eléctricos.

En julio de 1983 se realizó el achique de agua del recinto estanco de la Casa de Bombas y la colocación de la última pieza cilíndrica del liner.

En el cuarto trimestre de 1983 se finaliza la obra civil del subedificio y túnel de acceso al auxiliar.

En marzo de 1984 se instala la grúa polar en el edificio de contención y se coloca la primera sección de la cúpula en dicho edificio. También en dicho mes se inicia el montaje de tubería menor de dos pulgadas en la Isla Nuclear.

A finales de marzo de 1984 el avance global de las contrataciones es de un 96 %.

Las fabricaciones y entregas de equipo ascienden a:

Tuberías	71,78 %
Equipos mecánicos	81,6 %
Equipos eléctricos	62,1 %
Total equipos	77,4 %

En el mes de septiembre de 1983 se alcanzó la cifra de 100.000 m³ de vertido de hormigón estructural.

El avance total de construcción, a finales de marzo de 1984, es del 46,01 %.

Se han vertido 134.000 m³ de hormigón estructural en edificios y áreas exteriores.

A continuación se indican los diferentes grados de avance:

Encofrado, Armado y Hormigonado (EAH)

Los grados de avance por edificios son los siguientes:

	Porcentaje
Edificio de contención	81,64
Edificio auxiliar	100
Edificio acceso al edificio auxiliar	100
Edificio control	100
Edificio penetraciones	87,33
Edificio cat-diesel	93,62
Edificio de combustible	78,57
Edificio de turbinas	95
Edificio de aparellaje	100
Agua de circulación	54,55
Áreas exteriores	41,81
Edificio de desechos	44,69

El avance a origen de EAH total es del 71,50 %

Chapas de revestimiento

– Forro del edificio de contención, 95 %

– El avance a origen de chapa de revestimiento en todos los edificios es del 88,30 %

Estructuras metálicas

Los avances por edificios son los siguientes:

- Edificio de contención, 60 %
- Edificio de turbinas, 45 %

El avance a origen de estructuras metálicas es del 44,20 %.

Avance total obra civil

El avance total a origen de la obra civil es de 65,91 %, que incluye EAH, chapas de revestimiento, estructuras metálicas y arquitectura

Montajes

La situación del avance de montajes a fin de marzo es la siguiente:

	Porcentaje
Montajes mecánicos Isla Nuclear	15,97
Montajes mecánicos Isla Convencional	14,92
Montajes eléctricos	14,85
Montajes aire acondicionado	20,72

El avance total a origen es del 14,69 %

CARACTERISTICAS DE LA CENTRAL

La Central Nuclear de Vandellós II está diseñada para una potencia nominal de 2.785 megawattios térmicos (MWt), que incluyen los 10 MWt aportados por las bombas del refrigerante del reactor. Esta potencia corresponde a una potencia del turbo generador de 982 MWe.

El sistema nuclear de suministro de vapor, sin embargo, es capaz de suministrar aproximadamente 2.910 MWt.

A pesar de que la potencia nominal es de 2.785 MWt, todos los sistemas de seguridad, incluyendo la contención y las salvaguardias tecnológicas, están diseñados y evaluados para la operación al nivel de 2.910 MWt.

Edificio de contención

Aloja, entre otros, la vasija y el sistema de refrigeración del reactor, generadores de vapor, bombas de refrigerante del reactor, presionador, tanques acumuladores, enfriadores de aire de la contención y recombinadores de hidrógeno.

Edificio auxiliar

Aloja principalmente a los sistemas de salvaguardia tecnológica y algunos equipos de sistemas auxiliares.

Edificio de penetraciones en turbina

Aloja a las bombas y tuberías del sistema de agua de alimentación auxiliar, sistema de purga del generador de vapor y líneas de vapor y agua de alimentación principal.

Edificio de turbina

Contiene grupo turbogenerador, condensadores, bombas de agua de alimentación principal y otros equipos necesarios para la conversión de energía.

Edificio de combustible

Alberga las piscinas de almacenamiento de combustible nuevo y gastado, canal de transferencia, equipo de manejo de combustible, fosos y equipo para manejo y limpieza del cofre, sistema de refrigeración y purificación del foso de combustible y unidades de ventilación de emergencia para los edificios auxiliar y combustible.

Edificio de control

En él se encuentra la sala de control principal, aparellaje eléctrico clase IE, baterías eléctricas clase IE y partes del sistema de habitabilidad de la

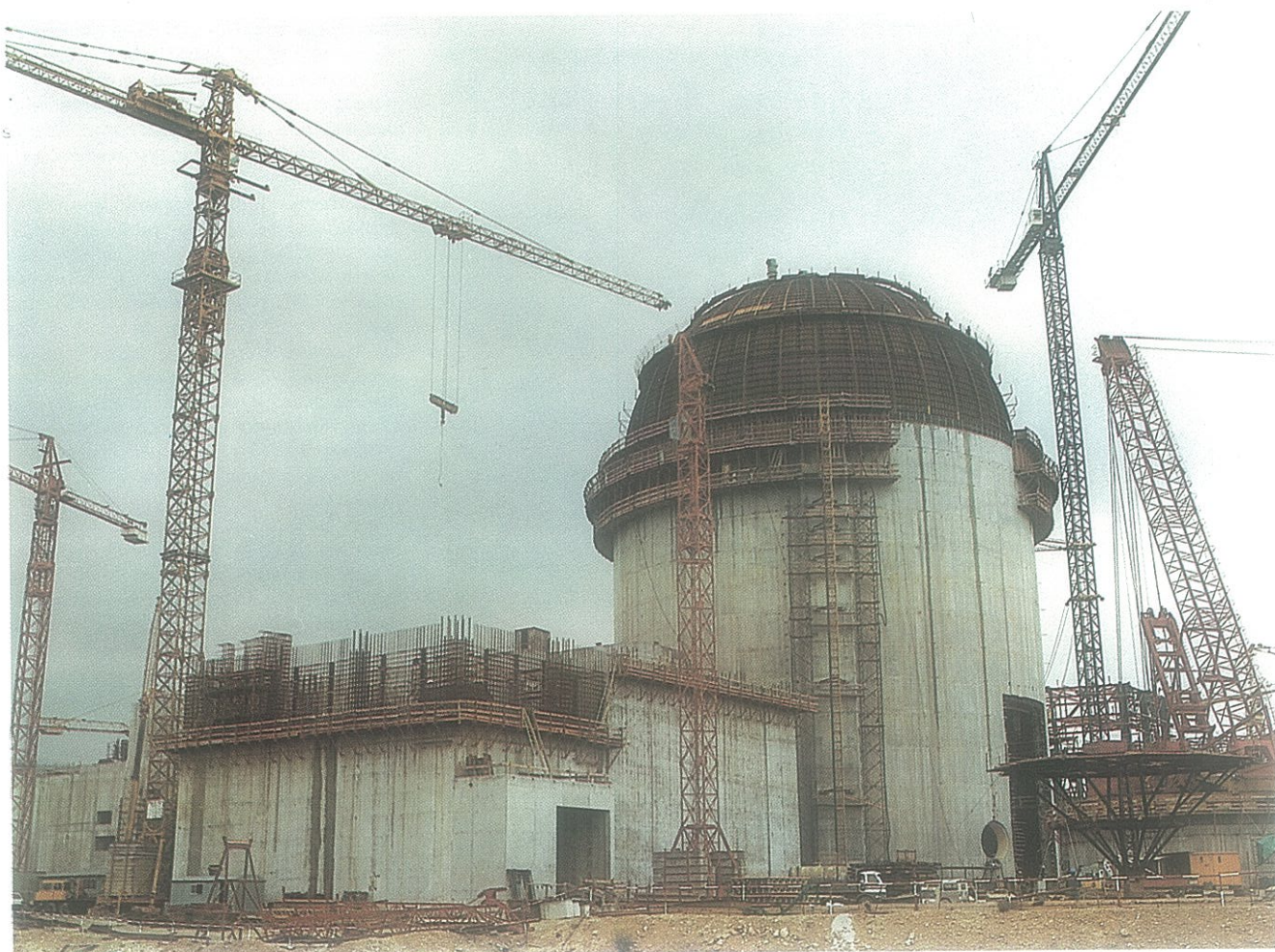


F VI
Edificio de contención después de montarse la primera sección de la cúpula (15-3-84).

sala de control, así como la sala de parada remota.

Edificio de centro de apoyo técnico y diesel

Este edificio es una estructura rectangular con tres secciones básicas. Cada una de las dos secciones de los extremos alojan un generador diesel con su equipo asociado. La parte central aloja la sala de apoyo técnico con la sala del ordenador. El edificio además aloja componentes del sistema CVAA de la sala de control.



Edificio de refrigeración de componentes

Contiene las bombas y cambiadores del sistema de refrigeración de componentes.

Casa de bombas

Contiene las bombas de agua de circulación, bombas del sistema de agua de servicios esenciales, bombas de agua de servicios no esenciales, sistema de rejillas móviles y sistema de lavado de rejillas.

Edificio de desechos radiactivos

Aloja a los equipos de los sistemas de tratamiento de desechos radiactivos y algunos componentes del sistema de recuperación de boro.

Edificio de aparellaje

Contiene el generador diesel esencial y los sistemas eléctricos no clase IE.

Edificio de solidificación y almacenamiento de desechos

Áreas exteriores

Se encuentran diversos tanques como son: tanque de almacenamiento de agua de recarga, tanques de almacenamiento de condensado,

tanque de agua de apoyo al sistema de agua de alimentación auxiliar, tanque de combustible para los generadores diesel, tanque de agua para el sistema de protección contraincendios y tanque de agua desmineralizada entre otros, así como transformadores y equipos asociados a la red eléctrica de la Central.

La disposición de los edificios de la Central sigue la ordenación racional de los proyectos SNUPPS de Estados Unidos, pensada para incorporar la experiencia obtenida en proyectos de centrales nucleares más avanzados.

La reparación e independencia entre trenes, el edificio de tratamiento de desechos y almacén conectados a la Central mediante el túnel de desechos y el Centro de Apoyo Técnico son aspectos innovadores respecto a anteriores diseños.

La Central se ha diseñado de modo que pueda ser operada para producir energía eléctrica de forma segura y fiable. El diseño se ha realizado de acuerdo con los códigos, normas y reglamentaciones aplicables.

La Central se ha diseñado de forma que durante su operación la descarga de materiales radiactivos al ambiente se limite a valores inferiores a los límites establecidos en la reglamentación aplicable tanto durante su operación nor-

mal, como en sucesos anormales o en accidentes base de diseño.

Los criterios sísmicos usados en el diseño incluyen unas aceleraciones de suelo para diseño de 0,1 g. para el terremoto base de operación y 0,2 g. para el terremoto de parada sin riesgo.

El sistema nuclear de suministro de vapor (NSSS) consta de un reactor de agua a presión, un sistema de refrigeración del mismo y sistemas auxiliares asociados. El sistema de refrigeración del reactor (RCS) está compuesto de tres lazos cerrados de refrigeración conectados en paralelo a la vasija del reactor; cada lazo contiene una bomba de refrigerante (RCP) y un generador de vapor (SG). En la rama caliente de uno de los lazos está conectado un presionador con calentamiento eléctrico.

El núcleo del reactor está formado por pastillas de dióxido de uranio contenidas en varillas de zircaloy presurizadas cerrados sus extremos por tapones soldados. Las varillas se agrupan en conjuntos mediante una estructura de rejilla, provista de muelles. Cada uno de estos conjuntos constituye un elemento combustible.

El núcleo es de tipo multi-regiones. Todos los elementos combustibles son mecánicamente idénticos, aunque el enriquecimiento del combustible no es el mismo en todos los elementos.



F VII

Montaje de la grúa polar.

Típicamente, en la carga inicial de combustible, se utilizan tres enriquecimientos diferentes. Los elementos combustibles con mayor enriquecimiento se colocan en la región periférica, o región exterior, y los otros dos grupos de elementos nuevos enriquecidos se disponen en la región central formando un entramado previamente seleccionado. En las siguientes recargas se extrae una tercera parte del combustible y se introduce combustible nuevo en la región exterior del núcleo. El resto del combustible se distribuye en los dos tercios centrales del núcleo de forma que se consiga una distribución de potencia óptima.

Para control del reactor se utilizan conjuntos de haces de barras de control constituidas por varillas absorbentes. Estas varillas absorbentes son de carburo de boro (B₄C) y Ag, In., Cd., y formando haces se mueven dentro de tubos

guía de zircaloy en determinados elementos combustibles. Por encima del núcleo, cada haz de barras absorbentes se une a un conector de araña y un eje de accionamiento el cual se sube o baja por medio de un mecanismo de accionamiento montado en la tapa de la vasija.

Las vainas de las varillas combustibles se diseñan para mantener su integridad a lo largo de la vida del combustible. Los gases de fisión descargados dentro de las varillas y otros factores que afectan a la vida de diseño se tienen en cuenta para la exposición máxima esperada. Los sistemas del reactor y de control están diseñados de modo que cualquier transitorio de xenon esté debidamente amortiguado. Suponiendo que los requisitos de mezcla química se cumplan (por ejemplo: adecuada concentración de ácido bórico en el refrige-

rante), los conjuntos de haces de barras de control (RCCA) permiten mantener el núcleo subcrítico en condición de potencia cero, con margen suficiente después de un disparo, aún con la RCCA más reactiva agarrotada en posición de retirada total.

El reactor junto con sus sistemas de protección, se diseña para acomodar con seguridad los sucesos operacionales anticipados. La vasija y los elementos internos del reactor alojan y soportan las varillas de control y de combustible. La vasija es cilíndrica con una tapa semiesférica y está recubierta en su interior de acero inoxidable. El presionador es un recipiente cilíndrico vertical con tapa semiesférica y equipado con calentadores eléctricos y tobera rociadoras para controlar la presión del sistema.

Los generadores de vapor son cambiadores de calor verticales de tubos en U que utilizan tubos de Inconel. En su interior, el equipo separador de humedad, reduce la humedad del vapor en la tobera de salida al 0,25 % de peso o menos, bajo condiciones de carga de diseño y condiciones de rampa. La entrada de agua de alimentación se produce mediante un anillo de reparto y distribución con ayuda de tubos J situados en la parte superior del generador de vapor de forma que el agua se distribuye por aspersión hacia abajo, evitándose los problemas que se han venido teniendo en otros proyectos anteriores.

Los sistemas de salvaguardias tecnológicas (ESF) mitigan directamente las consecuencias de accidentes postulados hasta e incluyendo la rotura-guillotina de la tubería más grande de la barrera de presión del refrigerante del reactor. Los sistemas de salvaguardias tienen suficiente redundancia e independencia de componentes y fuentes de alimentación como para que bajo condiciones de accidentes postulados se cumpla lo siguiente:

- Proporcionar refrigeración al núcleo para limitar los transitorios térmicos del mismo, impedir excesivas reacciones metal-agua y mantener el núcleo con una geometría que permita su refrigeración.

- Mantener la integridad de la estructura de contención.

- Mantener la dosis de radiación al público por debajo de los criterios del 10CFR100.

La estructura de contención tiene por función principal controlar las fugas de radiactividad que se producirían en el caso improbable de un accidente de pérdida de refrigerante del reactor. Asimismo, constituye una barrera para evitar las descargas de refrigerante del reactor al exterior, así como una barrera contra los proyectiles que pudiesen provenir del exterior. Se han previsto los medios necesarios para realizar tanto ensayos integrados de fugas del edificio como ensayos de fugas para las distintas penetraciones que existen en el mismo.

El sistema de rociado es uno de los

F VIII

Montaje de la primera sección de la cúpula del edificio de contención (15-3-84).



dos sistemas independientes que sirven para reducir la presión del edificio de contención después de un accidente de pérdida de refrigerante. Funciona conjuntamente con las unidades de enfriamiento de la contención y proporciona la refrigeración necesaria de la atmósfera de la contención en caso de accidente.

Una de las cuatro unidades de enfriamiento funcionando conjuntamente con un tren de rociado son suficientes para reducir la presión de la contención minimizando así las posibles fugas de radiactividad al exterior de la estructura de contención.

Durante la fase de inyección, las bombas succionan del tanque de almacenamiento de agua de recarga, añadiéndose a este agua hidróxido sódico para eliminar el yodo de la atmósfera de la contención. Cuando el nivel del tanque de almacenamiento desciende, el sistema succiona de los sumideros de recirculación.

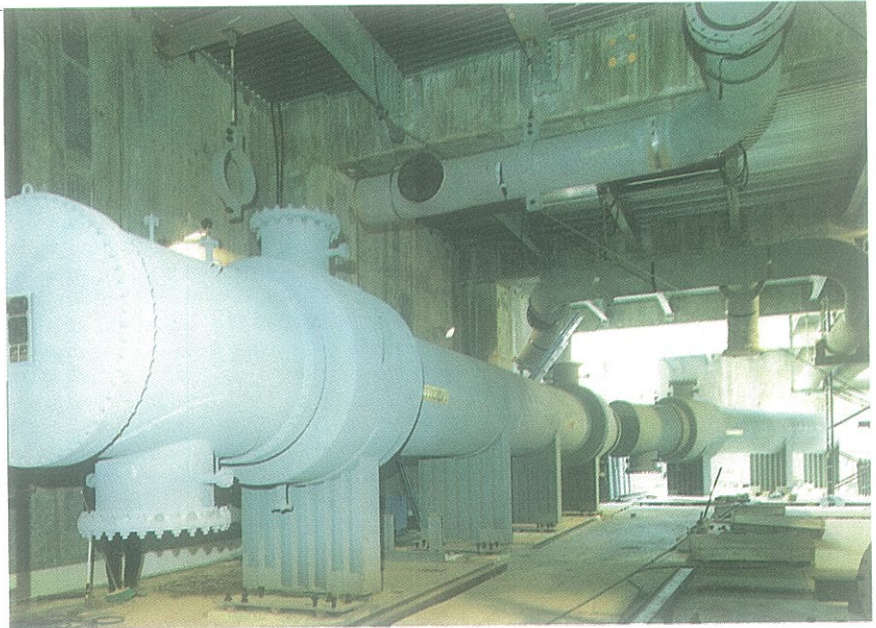
El sistema de las unidades de enfriamiento de la contención es el segundo de los dos sistemas independientes usados para reducir la presión en la contención, como se ha indicado en el apartado anterior, después de un LOCA*. El sistema consta de cuatro unidades de enfriamiento estando tres de ellas en funcionamiento durante operación normal. En caso de accidente, dos de las cuatro reducen su velocidad de funcionamiento aumentando su capacidad de refrigeración, siendo suficiente una de ellas junto con un tren del sistema de rociado, para reducir la presión de la contención, condensando vapor y enfriando la atmósfera de la misma.

El control de los gases combustibles en la contención después de un LOCA se realiza por medio de dos recombinadores de hidrógeno (térmicos), energizados eléctricamente y cada uno con un cien por cien de capacidad. Se localizan en el interior del edificio de contención y mantienen la concentración de hidrógeno post-LOCA por debajo del límite de inflamabilidad.

Como sistema de apoyo para el control de gases combustibles se dispone de un subsistema de purga de hidrógeno.

La puesta en marcha de los recombinadores de hidrógeno se realiza manualmente desde la sala de control, para lo cual se dispone de dos analizadores de hidrógeno capaces de dar indicación en la sala de control sobre la concentración de hidrógeno existente en la contención dentro de los treinta minutos iniciales del accidente.

Con objeto de garantizar la estanqueidad de la contención, frente a la descarga de materiales radiactivos, se dispone de un sistema de aislamiento para todas las tuberías que hayan de penetrar en las paredes del edificio de contención de modo que se aislen las líneas no esenciales y permita el paso de las que se requieran para funcionamien-



FIX

Vista interior del edificio de turbina

to de emergencia. El sistema consta de un conjunto de válvulas que satisfacen los criterios de aislamiento de contención establecidos en el apéndice A del 10CFR50.

El sistema de refrigeración de emergencia del núcleo suministra agua borada para enfriar el núcleo del reactor después de un LOCA e introducir reactividad negativa después de una rotura de línea de vapor. Después de un LOCA, el núcleo se refrigera por inyección automática de agua desde los acumuladores de inyección de seguridad a los lazos de refrigeración del reactor y por bombeo automático de una parte del contenido del tanque de almacenamiento de agua de recarga a los lazos a través de las bombas de carga y las bombas del RHR. Después de la inyección del ECCS, la refrigeración a largo plazo se mantiene por los sumideros de

recirculación con las bombas de carga y las RHR. El calor de desintegración se extrae en los cambiadores de calor del RHR que forma parte del lazo de recirculación.

La función de seguridad del sistema de agua de alimentación auxiliar es suministrar agua a los generadores de vapor en cantidad suficiente para eliminar calor del sistema de refrigeración del reactor, evitando así daños al núcleo y sobrepresurización del RCS cuando el agua de alimentación principal no esté disponible y la temperatura del RCS sea superior a 350° F.

El sistema consta de dos motobombas y una turbobomba con sus válvulas y tuberías asociadas. Las motobombas están operadas bien por corriente exterior o por corriente procedente de los generadores diesel de emergencia. La turbobomba se opera por vapor procedente

FX

Vista construcción cajones en la obra de toma.



* Accidente de pérdida de refrigerante del reactor.

de las líneas de vapor principal y por corriente continua de emergencia.

El arranque de las motobombas es automático por señal de muy bajo nivel (2/3) en uno cualquiera de los generadores de vapor, por señal secuenciada de pérdida de corriente exterior, por señal secuenciada de inyección de seguridad o por disparo de las bombas de agua de alimentación. La turbobomba se arranca automáticamente por señal de muy bajo nivel en dos cualesquiera generadores de vapor y por señal secuenciada de pérdida de corriente exterior. Las tres bombas disponen además de capacidad de arranque manual desde la sala de control.

El circuito secundario convierte la energía térmica procedente del circuito primario en energía eléctrica. Una turbina de alta presión y tres turbinas de baja presión se hallan acopladas mecánicamente a un eje. Esta disposición se llama «tandem-compuesta». Entre los elementos de alta y baja presión se hallan los recalentadores de vapor y separadores de humedad que sirven para secar y recalentar el vapor. La turbina de baja está conectada directamente a un generador de 982 MWe.

Se usa hidrógeno para el enfriamiento del rotor y agua para el estator. Se crea una convección forzada de hidrógeno mediante ventiladores hasta el final del eje del generador dentro de las bobinas del rotor hueco y sale a través de penetraciones en la mitad del rotor. En este punto, se une con el hidrógeno que circula a lo largo de la separación entre el rotor y el estator.

Los tres generadores de vapor liberan vapor saturado en el colector de vapor principal fuera del edificio de la contención del reactor. Desde este colector, el vapor se lleva, por medio de cuatro tuberías principales de vapor, a la turbina de alta presión, de donde pasa a los recalentadores separadores de humedad. Después de recalentado el vapor hasta aproximadamente la misma temperatura que la de los generadores de vapor, el vapor principal llega a las turbinas de baja presión, de donde se expande el vapor de vacío del condensador. El vapor húmedo de la turbina de alta presión penetra en la etapa de eliminación de humedad del RSH. La humedad se elimina por medios convencionales: al vapor se le hace repetidamente cambiar de dirección, se separan y se recogen en el fondo de cada separador, de donde pasan a los calentadores de agua de alimentación. Seguidamente el vapor pasa a la condición de sobrecalentamiento mediante el recalentamiento por vapor proveniente del colector de salida de los generadores.

Entre los RSH y la turbina de baja presión se encuentran las válvulas de retención de vapor. Estas válvulas funcionan en paralelo con las válvulas de retención de la turbina de alta presión. Si se produce una señal de parada de la turbina, todas estas válvulas cierran simultáneamente. Este dispositivo está diseñado para evitar que el volumen de

vapor contenido en la turbina de alta presión, en los RSH, y en las tuberías intermedias acelere la turbina a una velocidad superior al 12 % del límite operacional, después del cierre de la válvula de retención de la turbina de alta presión.

Además de las válvulas de seguridad y de alivio principales, lleva instalada una desviación de vapor a alta presión. Esta desviación se abre, o bien por una señal de alta presión, o por una señal de parada de turbina. Esta desviación permite que parte del vapor principal se descargue al condensador. A las turbinas de baja presión van unidos tres cuerpos de condensación. Su función consiste en evacuar el calor latente del vapor, permitiendo así operar a las turbinas de baja presión a la presión más baja posible. Cuando más baja es esta presión, mayor es la eficacia del conjunto de turbinas.

Los condensadores del turbogenerador son del tipo «paso-único», lo cual significa que el agua de refrigeración pasa solamente una vez a través de los tubos del condensador. El material de los tubos del condensador es de titanio, material altamente resistente a la corrosión.

El vapor procedente de las turbinas de baja se condensa sobre los haces de tubos del condensador y se recoge en el sumidero del mismo.

Para maximizar el rendimiento termodinámico de la Central, y por consiguiente su rendimiento económico, es necesario mantener la presión en los condensadores lo más baja posible. La temperatura de agua de refrigeración es la que fija el máximo vacío posible en el condensador.

La función del sistema de agua de alimentación es transportar y precalentar el agua desde los condensadores hasta los generadores de vapor. El sistema de agua de alimentación comprende desde la salida del sumidero del condensador hasta las toberas de entrada de agua de alimentación en los generadores de vapor.

Las bombas de condensador succionan del sumidero del condensador y lo descargan a través de los calentadores de baja presión, hasta la línea de succión de las bombas de agua de alimentación a los generadores de vapor. Existen tres motobombas verticales, cada una de las cuales tiene capacidad máxima para el 50 % del caudal operando normalmente al 33 % del total. Las bombas están localizadas en el nivel más bajo del edificio de turbinas. El diseño y situación de las bombas de condensado está estudiado cuidadosamente dada la naturaleza del medio de bombear (agua saturada). Cualquier caída de presión puede producir una brusca vaporización y por consiguiente cavitación de las bombas. Esta cavitación dañaría la bomba después de un corto período de tiempo en servicio. Por eso las pérdidas de carga se optimizan al diseñar las tuberías de succión, las rejillas de

entrada y las tomas de las bombas, ya que cualquier caída de presión en la succión de la bomba debe ser equilibrada por un incremento en la presión estática.

Teóricamente, el mayor rendimiento en el precalentamiento debería ser conseguido con un número infinito de recalentadores. Por eso tal rendimiento debe ser superado con los costes de los precalentadores y de su instalación. Los cálculos demuestran que generalmente resulta óptimo colocar seis etapas de precalentadores en una central típica que son los que tiene la Central.

Se dispone de un tanque de drenaje de calentadores y separadores de humedad que recoge todos los drenajes de dichos equipos y con ayuda de las bombas de drenaje de calentadores de capacidad 50 % cada una de ellas, dichos drenajes que representan aproximadamente un tercio del total del caudal de agua de alimentación, son inyectados a la aspiración de las turbobombas de agua de alimentación, mejorándose con ello sustancialmente el rendimiento global del ciclo.

El agua de alimentación para los generadores de vapor se suministra por medio de dos turbobombas de capacidad normal del 50 % y máxima del 85 %.

El sistema de agua de circulación tiene como misión principal captar, conducir y devolver de nuevo al mar el agua necesaria para la refrigeración del condensador del Turbogenerador y otros sistemas de la Central.

El eje de la toma de agua, estación de filtración y bombeo y conductos de impulsión, coinciden con el eje del condensador del turbogenerador y el de cada conducto de impulsión con el de los cuerpos a los que refrigera.

El eje de la estructura de descarga se ha dispuesto formando un ángulo de 40° con la alineación de toma de agua con objeto de disminuir al mínimo la recirculación del chorro de descarga.

La línea de descarga discurre paralela a los conductos de impulsión con objeto de reducir al mínimo el coste de excavación.

Entre las principales estructuras que constituyen dicho sistema merecen destacarse la de toma de agua de mar.

La obra de toma está concebida a modo de emisario y tiene como misión fundamental el conducir a la estación de filtración y bombeo el caudal de agua de mar necesario para la refrigeración de los diferentes componentes de la Central.

Físicamente está constituida por ocho cajones de hormigón armado prefabricados de 40 m. de longitud y 13,40 m. de anchura que una vez unidos forman una línea de 320 m. de longitud total.

En sección transversal la línea está constituida por dos conductos de sección rectangular de 4,10 x 3,55 m. entre los cuales se encuentran situados los compartimientos de lastrado, los cuales están dimensionados para dar estabilidad al conjunto.

ASEA-ATOM SIEMPRE EN VANGUARDIA



**Forsmark 1, 2 y 3
ASEA-ATOM**

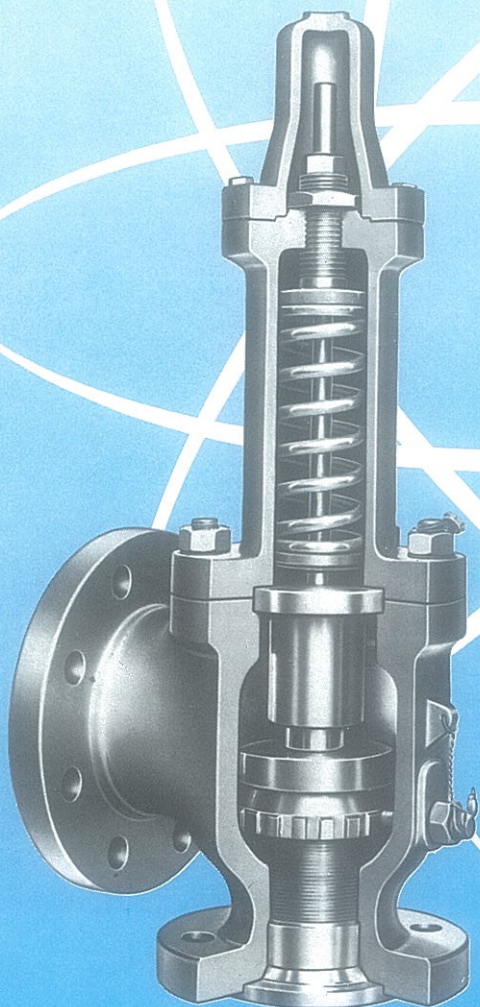
ASEA, S. A.

Alcarria, 3. COSLADA (Madrid)

Tel. 671 29 00 (9 líneas)

Télex: 22793 ASE AC E

VALVULAS DE SEGURIDAD



- Tecnología y patentes propias, fruto de largos años de investigación y experiencia en el mercado nacional y extranjero.
- Autorizadas por la Dirección General de Energía para su instalación en Centrales Nucleares.
- Diseñadas para instalación en:

CENTRALES NUCLEARES cumpliendo los requisitos del código ASME Sección III, Subsecciones NB, NC y ND.

CENTRALES TERMICAS de acuerdo con el código ASME, Sección I «Power Boilers».

RECIPIENTES A PRESION según código ASME, Sección VIII «Pressure Vessels».

PLANTAS PETROQUIMICAS según normas API y ANSI.

CONSTRUCCION NAVAL «Reglamento de Lloyd's Register of Shipping».

SERVICIO A BAJA TEMPERATURA según normas IMCO.

- * Amplia gama de materiales de construcción para soportar las condiciones de trabajo más rigurosas.
- * Construidas según normas DIN y ANSI.

También fabricamos

- VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION
- VALVULAS DE BOLA
- VALVULAS DE MARIPOSA
- PURGADORES
- FILTROS



imporexp s.a

Avda. Carrilet, 219 Telex 51071 JC E - Apartado 1055 HOSPITALET DE LLOBREGAT (Barcelona) España

El agua es captada por medio de dos torres independientes situadas en el cajón más alejado de la línea de costa, cada uno de las cuales alimenta a uno de los conductos indicados en el párrafo anterior.

La sección en planta de las torres es circular de 5,30 m. de diámetro, realizándose la captación del agua lateralmente de tal forma que penetra en las mismas perpendicularmente a su eje por ocho huecos rectangulares de $1,50 \times 1,65$ m.².

En los huecos de captación de agua se ha dispuesto unos anillos de hormigón armado en ménsula, con lo cual se consigue que el flujo de agua, así como su velocidad a la entrada de las torres, sean los adecuados para disminuir, dentro de unos límites razonables, el arrastre de materiales en suspensión y peces así como evitar la formación de remolinos que pudieran afectar al fondo marino.

Se han previsto, tanto en las torres de toma como al principio de cada conducto, las compuertas necesarias para cerrarlos, bien por separado o conjuntamente, con objeto de poder realizar en seco las posibles operaciones de mantenimiento, necesarias durante el período de explotación de la Central.

La línea de toma va apoyada en todo su recorrido en la roca del fondo marino sobre el cual se ha dispuesto previamente 50 cm. de material granular seleccionado, el cual contribuirá a proporcionar un apoyo adecuado de la misma.

También se ha dispuesto una protección lateral de escollera, a ambos lados de la línea cuyas características van variando a lo largo de la misma en función de los esfuerzos a los que va a estar sometido.

Dada la suave pendiente de fondo marino, aproximadamente 2,20 %, el último cajón que lleva incorporada las torres de toma estará asentado sobre la cota 64,35. La altura total de dichas torres de toma es de 8,60 m., lo que nos da una cota de coronación de 72,95,



F XI

Vista nocturna del atracadero de Vandellós, durante la descarga del motor turbo grupo.

quedando una altura libre hasta el nivel del mar (cota 76,60) de 3,70 m., que cubre ampliamente el máximo seno previsible (2,44 m.) de la ola de proyecto. La situación de estas torres estará convenientemente señalizada mediante boyas, de forma similar a las torres de toma de la Central Nuclear Vandellós I. El resto del conducto de 3,55 m. de altura no precisa señalización.

Esta Central dispone de una planta desaladora de agua de mar que se compone de tres unidades. Cada unidad tendrá una capacidad nominal de 33 Tm. de agua destilada por hora. En esquema se representa el funcionamiento de dicho sistema.

La Central Nuclear de Vandellós II dispone de una sala de control diseñada siguiendo las recomendaciones derivadas del accidente de Three Mile Island, y teniendo en cuenta criterios de ingeniería de factores humanos. En ella se integra un ordenador multiprocesador,

capaz de suministrar a los operadores, mediante pantallas de rayos catódicos en color, toda la información necesaria (alarmas y variables) para diagnosticar rápidamente y con precisión el estado de la planta, tanto en operación a régimen como durante los transitorios.

Dicho ordenador es accesible interactivamente a partir de la consola del supervisor de turno, incluye un sistema de vigilancia de estados inoperables y un sistema de presentación de parámetros de seguridad y en caso de emergencia es accesible interactivamente desde el centro de Apoyo Técnico de la Central.

* * *

Las características técnicas de la Central Nuclear de Vandellós II, así como la actualización de su diseño, han sido reconocidas internacionalmente, de forma que sirve como central de referencia a varias ofertas que actualmente está en fase de evaluación en distintos países.

NUCLEAR ESPAÑA

una comunicación directa

**Las Empresas que trabajan
en el campo de la ENERGIA están en contacto
con nosotros para vender sus productos**