



Enrique CABELLOS APARICI es Ingeniero Industrial por la ETSII de Barcelona. Durante los estudios realiza un curso en la CEM Saclay (Francia). En 1967 ingresa en Térmicas del Besos, S. A., como adjunto de la Dirección del Proyecto del grupo II de San Adrián del Besos (300 MW), haciéndose cargo de la Jefatura de Puesta en Marcha. Participa en el proyecto del grupo Térmico de Foix (530 MW) como Jefe del Proyecto Eléctrico e Instrumentación, Dirección de los Montajes Eléctricos e Instrumentación, y en 1987 se hace cargo de la Jefatura de Puesta en Marcha. Durante dos años participa en la explotación como Jefe del Servicio de Ingeniería. En 1981 se incorpora a ANV como Jefe de Coordinación Técnica de Obra, durante la construcción, y en 1985, se hace cargo de la Jefatura de Puesta en Marcha de la CN Vandellós II.

LA PUESTA EN MARCHA

E. CABELLOS APARICI

La etapa de Puesta en Marcha de cualquier instalación compleja es el punto final de una serie de actividades, de larga duración, en la que se van a evidenciar todas las virtudes y defectos que tuvieron las etapas anteriores. Por ello, el éxito o fracaso de la puesta en servicio de cualquier instalación y, en especial, de una Central Nuclear, va a venir influenciado por:

- Calidad técnica y grado de acabado del proyecto, que evitará modificaciones y proyectos paralelos para completar los inacabados.
- Calidad y grado de acabado de los montajes, por razones obvias.
- Programa coherente que racionalice y priorice las entregas de los equipos y sistemas, de acuerdo con las necesidades de la Puesta en Marcha.

En Vandellós II se dieron las tres premisas en un alto grado, por lo que el desarrollo de la puesta en servicio estaba, a priori, en condiciones de cumplir los ambiciosos hitos que se habían marcado.

Esta Central pertenece a la tercera generación de Centrales Nucleares españolas. La experiencia y conocimientos acumulados, tanto en el campo de la ingeniería como en la construcción, el montaje y las pruebas de centrales nucleares y térmicas convencionales hicieron posible encargar la Puesta en Marcha a un equipo de técnicos españoles con una organización adecuada a nuestra capacidad y entorno. Por ello se decidió organizar y realizar esta Puesta en Marcha de acuerdo con las siguientes premisas:

- La puesta en Marcha debía realizarse con total responsabilidad de la Asociación Nuclear Vandellós, propietaria de la Central.
- La utilización de los recursos humanos destinados posteriormente a explotación debía ser intensiva.
- La seguridad debía primar sobre el plazo, si bien, dada la corta duración de la PEM y las condiciones socio-económicas del país, se disponía de

suficientes recursos, tanto humanos como materiales, para cumplir los plazos preestablecidos.

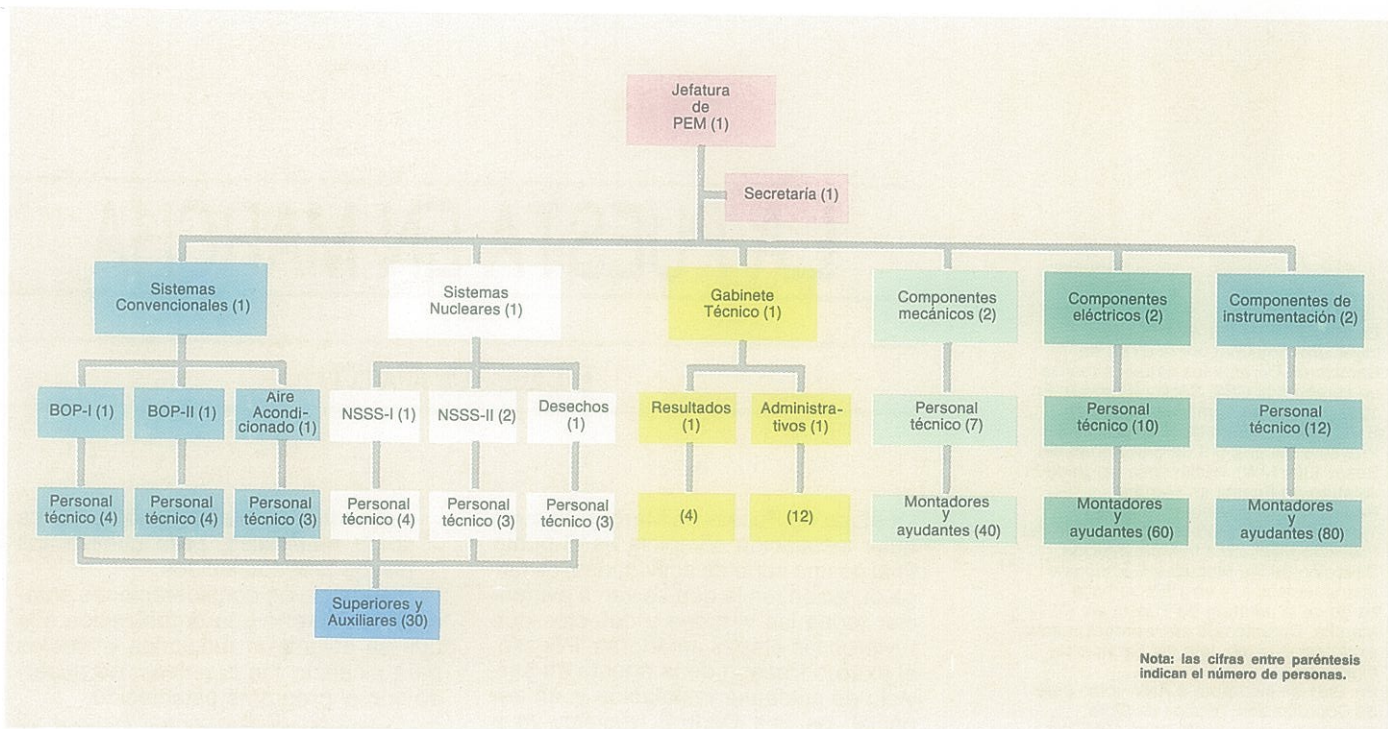
Partiendo de las consideraciones anteriores se diseñó una organización a la que se asignaron funciones y medios para alcanzar los objetivos, de acuerdo con el programa establecido.

La responsabilidad de la Unidad de Puesta en Marcha abarcaba desde la recepción de los sistemas de la Central, por parte de Dirección de Obra, hasta la obtención del permiso de Carga de Combustible, transfiriendo, durante ese período, los equipos y sistemas a Explotación, una vez realizadas las correspondientes Pruebas Prenucleares y aceptados los resultados de las mismas. La constitución de la Unidad de Puesta en Marcha y su ubicación en la organización del proyecto, sin intervención de empresas ajenas a la propiedad, propició la transferencia de documentación y responsabilidades, así como una buena relación y coordinación entre las diversas unidades implicadas, lo cual constituyó, sin duda, una de las piezas clave del éxito alcanzado.

ORGANIZACION

Para cumplir con los requerimientos (tanto técnicos como de programa) a que se encontraba sometida la puesta en servicio de la CN Vandellós II, la Unidad de Puesta en Marcha se estructuró tal como se indica en el organigrama adjunto (Fig. I).

Dentro de Explotación, los servicios de Química, Protección Radiológica, y Tecnología Nuclear y Resultados se organizaron con los efectivos definitivos, y cubrieron, durante el período de puesta en marcha, sus cometidos correspondientes. Desde los primeros arranques se dispuso del personal de operación con el que se trató de manejar la planta en todas sus fases, de acuerdo con los procedimientos propios de operación. Todo ello con el



F I Organigrama general de la Unidad de Puesta en Marcha

objetivo de que este personal aprovechara la valiosa experiencia que constituyen estas pruebas.

Aparte de la Jefatura y el Gabinete Técnico el organigrama de la PEM se dividió en tres grandes bloques:

Bloque de componentes. Dividido en los tradicionales grupos Mecánico, Eléctrico e Instrumentación, sus actividades estaban centradas en los equipos como tales, por lo que debían redactar y realizar los protocolos de las pruebas de los mismos, realizando también su vigilancia y supervisión hasta que eran transferidos totalmente a Explotación.

Además, los grupos Eléctrico e Instrumentación debían cubrir aquellos sistemas propios (Alimentación 380 kV, baterías, etc., en los eléctricos y monitores de radiación, Vigilancia de Reactor, etc., en los de Instrumentación), realizando, en ese caso, la doble función de componentes y sistemas. Básicamente la organización de Explotación estuvo potenciada con personal de Empresas de Servicios adscritos a ANV y de ella salió el núcleo que más tarde formaría la plantilla de Explotación. Al frente de cada uno de los grupos se colocó a las personas que más tarde se harían cargo de los grupos correspondientes de mantenimiento en la futura etapa de explotación.

Bloque de sistemas. Dividido en forma convencional en cinco grupos, dotado cada uno de ellos de 4-6 ingenieros de sistemas, los cuales tenían como misión

F II Variación de la presión en el interior del edificio de contención, en función del tiempo, en las pruebas de fugas e integridad de dicho edificio



coordinar a los técnicos de componentes y realizar la puesta en servicio de los diferentes sistemas operativos en que está dividida la Central. Actuaban desde la entrega, por parte de Obra, hasta la cesión a Explotación, y redactaban y ejecutaban los procedimientos de pruebas prenucleares, para lo cual se apoyaban en los técnicos de componentes y en la propia organización de Explotación.

Bloque de Gabinete Técnico. Este grupo, que tenía asignadas las relaciones con la Ingeniería, analizaba y tramitaba las propuestas de cambio que emitían los técnicos de sistemas, de acuerdo

con las observaciones realizadas en planta. Asimismo, realizaba una segunda lectura de los procedimientos de pruebas, redactados por los otros grupos, vigilando el cumplimiento de las normativas vigentes, la existencia de coherencia entre las diferentes pruebas, la ausencia de lagunas, etc. También canalizaba las relaciones con el Consejo de Seguridad Nuclear y preparaba los informes preceptivos para los diversos Organismos Oficiales. La Jefatura del Gabinete actuaba como coordinadora del Comité de Pruebas, ya que en su seno se realizaba la evaluación de los resultados de las mismas. A través de este Gabinete se canalizaba

PRE	PPN	DESCRIPCION	INICIO	FINAL	COMENTARIOS	PRE	PPN	DESCRIPCION	INICIO	FINAL	COMENTARIOS
C	AB-201	VALVULAS DE AISLAMIENTO VAPOR PR	19-1-87	7-2-87		C	KA-201	AIRE COMPRIMIDO	5-8-86	14-10-86	
	AB-202	PRUEBA HIDROSTATICA SECUNDARIO	24-11-86	2-12-86			KA-202	PRUEBA DE PERIODA DE AIRE	7-7-87	7-8-87	
	AC-201	PRE RODAJE DE LA TURBINA	28-4-87	26-5-87		C	KC-201	CONTRANCENDIOS	15-9-86	25-9-87	
	AD-201	CONDENSADO	2-3-87	17-6-87		C	KC-202	DETECCION CONTRANCENDIOS	19-9-86	31-7-86	
M	AE-201	CONTROL AGUA ALIM. A GENERADORES	24-2-87	15-4-87			KD-201	AGUA POTABLE	24-7-87	31-7-87	
M	AE-202	TURBOBOMBAS AGUA ALIM. PRINCIPAL	10-4-87	15-7-87		C/M	KE-201	MANEJO COMBUSTIBLE ED. COMBUS.	12-8-86	10-3-87	
	AF-201	DRENAJES DE CALENTADORES A Y B PR	14-7-87	7-8-87			KE-202	MANEJO COMBUSTIBLE ED. CONTEN.	17-3-87	19-3-87	
M	AL-201	MOTOBOMBAS AGUA ALIM. AUXILIAR	13-11-86	14-11-86		C/M	KH-201	NITROGENO	8-10-86	8-10-86	
M	AL-202	TURBOBOMBA AGUA ALIM. AUXILIAR	6-4-87	7-4-87			KM-201	PRES. INTERPLACAS CONDENSADOR	16-2-87	16-2-87	
M	AN-201	PLANTA AGUA DESMINER. Y DISTRIB.	25-10-86	2-11-86			LF-201	DRENAJES Y DESECHOS LIQ. NO RADIA.	23-2-87	4-3-87	
	AN-202	DESAGASIFICACION Y DISTRIBUCION	18-10-86	21-10-86							
	AP-201	ALMAC. CONDENSADO Y AGUA APOYO	10-12-86	14-12-86		M	MA-201	GENERACION ALTERNADOR Y EXCITACION	27-4-87	4-5-87	
	AQ-201	INYECCION QUIMICA AL SECUNDARIO	4-12-86	9-12-86			MA-202	TRANSFORMADORES PRINCIPALES	9-3-87	20-3-87	
	AR-201	PLANTA PRETRATAMIENTO DE AGUA	27-11-86	18-3-87			MA-203	TRANSFORMADOR AUX. TAU	9-3-87	20-3-87	
M	AS-201	PLANTA DESALADORA (SIN VAPOR)	5-8-87	7-8-87			MC-201	TRANSFORMADOR AUX. EXT. TAE	6-7-87	26-7-87	
							MC-202	TRANSFORMADOR AUX. RESERVA	20-3-86	22-3-86	
C/M	BB-201	PRUEBA HIDROSTATICA PRIMARIO	27-1-87	31-1-87			NB-201	BARRAS 5 Kv. No IE	24-4-86	30-4-86	
	BB-202	MOTORES BOMBAS REFRIG. REACTOR	16-12-86	18-12-86		C/M	NB-202	TRANSF. FUENTES ALIMEN. BARRAS	26-5-87	28-5-87	
M	BB-203	BOMBAS REFRIGERACION REACTOR	28-1-87	31-1-87			NE/KZ-201	MOTO GENERADOR DIESEL ESENCIAL	30-3-87	13-7-87	
M	BB-204	PROTEC. SOBREPRESIONES PRIMARIO	23-4-87	23-4-87			NG/NH-201	CENTROS DISTR. 400 BARRAS 4B/5B YTM	28-5-86	7-7-87	
M	BB-205	TANQUES ALIVIO DRENAJ. REACTOR Y EQ.	15-1-87	15-4-87			NU-201	BATERIAS Y CARGADORES 230 Vcc	6-10-86	13-10-86	
	BB-206	INSPECCION DE LOS INTERNOS	15-1-87	30-6-87			NK-201	BATERIAS Y CARGADORES 125 Vcc No IE	15-4-86	24-4-86	
	BB-207	NIVEL PRESIONADOR	16-12-86	24-2-87			NN-201	ONDULAD. Y DISTRIB. 118 Vcc A CONV.	7-7-86	15-7-87	
	BB-208	VIGILANCIA ENFR. INADECUADO NUCLEO	25-5-87	6-6-87		C	PB-201	BARRAS DE 6 Kv CLASE IE	9-6-86	14-6-86	
C	BC-201	EVAC. CALOR RESIDUAL E INY. B SEG	23-10-86	24-10-86			PE/KJ-201	MOTO GENERADOR DE EMERGENCIA "A"	4-5-87	6-8-87	
M	BG-201	CONTROL QUIMICO Y VOLUMETRICO	30-9-86	3-10-86		C	PE/KJ-202	MOTO GENERADOR DE EMERGENCIA "B"	5-4-87	9-4-87	
	BG-202	REGENERACION TERMICA DEL BORO	12-12-86	13-12-86			PE/KJ-203	FIABIL. ARRANQUE MOTO GENERADOR "A"	26-6-87	28-6-87	
	BG-203	MEZCLA Y TRANSFER. ACIDO BORICO	13-10-87	21-5-87			PE/KJ-204	FIABIL. ARRANQUE MOTO GENERADOR "B"	10-4-87	14-4-87	
	BG-204	BOMBAS PRR DE REFUEJO	20-11-86	20-11-86		C/M	PE/SC-205	COMPORTAM. MOTO GENER. DIESEL	1-7-87	29-7-87	
M	BH-201	ACUMULADORES INYECCION SEGURIDAD	30-10-86	1-11-86			PS/PH-201	CENTROS DISTRIB. 400V CLASE IE Y COM.	2-7-86	21-2-87	
	BJ-201	INYECCION SEGURIDAD ALTA PRESION	17-11-86	20-11-86		C	PK-201	BATERIAS Y CARGADORES 125 Vcc CL. E	27-6-86	20-11-86	
	BJ-202	CAMBIO SEMIAUT. DE INYEC. A REGR.	23-3-87	24-3-87			PN-201	ONDULADORES Y BARRAS INSTRUM.	21-7-86	10-1-87	
C	BK-201	ROCIADO Y ADITIVOS REC. CONTENCIÓN	14-7-87	14-7-87		C	PO-201	ONDULADORES Y BARRAS VITALES	6-8-86	10-7-87	
	BK-202	PRUEBA DE LOS ROCIADORES (CON AIRE)	23-2-87	23-2-87			QA-201	ALUMBRADO NORMAL Y PREFERENTE	5-8-86	31-7-87	
	BL-201	AGUA DE REPOSICION	3-12-86	15-4-87			QB-201	ALUMBRADO ESENCIAL Y EMERGENCIA	5-8-86	31-7-87	
	BM-201	CONSEV. HUMEDA GENERADORES VAPOR	19-1-87	15-4-87			QC-201	COMUNICACIONES	17-6-87	13-7-87	
	BN-201	ALMACENAMIENTO AGUA RECARGA	28-11-86	28-11-86			QJ-201	ORDENADOR	12-5-87	12-5-87	
	CA-201	VAPOR DE CERRRES	14-4-87	14-4-87			SB/SF-201	VERIFICACION PUNTOS TARADO	23-3-87	24-3-87	
M	CB-201	ACEITE LUBRIC. TURBINA PRINCIPAL	6-4-87	8-4-87		C/M	SA/SB-202	PROTEC. REACTOR Y ACTUAC. SALVAGU.	9-4-87	12-4-87	
	CC-201	H ₂ Y CO ₂ DEL ALTERNADOR	22-5-87	23-5-87		C	SA/SB-203	MEDIDA DEL TIEMPO SIST. PROTECC.	8-6-87	13-7-87	
	CD-201	ACEITE CERRRES ALTERNADOR	9-4-87	10-4-87		C/M	SA-204	COMPROBACION FUNCIONAL DE ESFAS	1-7-87	27-7-87	
	CE-201	AGUA REFRIGERACION ESTATOR	13-7-87	15-7-87		C	SD-201	VIGILANCIA RADIACION DE AREAS	25-9-86	31-7-87	
M	CF-201	ALIM. TRASEGO Y PURIF. ACEITE LUBRIC	23-2-87	8-4-87		M	SE-201	INSTRUMENTACION NUCLEAR (EXCORE)	21-6-87	27-6-87	
	CG-201	VACIO CONDENSADOR CON BOMBA VAC	4-3-87	28-5-87		M	SE-202	INSTRUMENTACION NUCLEAR (INCORE)	25-7-87	27-7-87	
	CG-202	VACIO CONDENSADOR CON EYECTORES	26-5-87	26-5-87		M	SE-203	DETECCION GRANDES FALLOS COMBUST.	3-5-87	4-5-87	
	CG-203	EFIC. FILTROS SIST. VACIO CONDENSAD.	14-7-87	14-7-87			SF-201	ACCIONAMIENTO BARRAS CONTROL	15-5-87	22-5-87	
	CH-201	ALIM. REFRIG. Y CIRCUIT. FL. ELECTROHID.	20-3-87	23-4-87			SF-202	INDIC. POSICION BARRAS CONTROL	5-5-87	6-5-87	
	CH-202	CONTROL ELECTROHIDRAULICO	6-5-87	9-5-87			SG-201	INSTRUMENTACION SISMICA	2-8-87	2-8-87	
M	DA-201	AGUA DE CIRCULACION	7-4-87	9-4-87							
	DA-202	VACIO CAJAS DE AGUA	31-3-87	1-4-87			SK-201	DETECCION FUGAS BARRERA PRESION	3-8-87	7-8-87	
	DA-203	LIMP. TUBOS CONDENS. (TRAPROGGE)	28-7-87	31-7-87		C	SM-201	VALV. AISLAMIENTO CONT. Y PRRU. TEMP.	15-6-87	16-7-87	
	DC-201	REJILLAS MOVIL Y LAVADO REJILLAS	19-9-86	19-2-87		C/M	SP-201	VIGILANCIA RADIACION PROCESO	27-7-87	7-8-87	
	EA-201	AGUA DE SERVICIOS NO ESENCIALES	15-12-86	16-12-86			TA-201	VERIFICACIONES VIBRACIONES TUBERIA	6-8-86	6-7-87	
	EB-201	AGUA REFRIG. EDIFICIO TURBINA	12-11-86	7-4-87							
	EC-201	PISCINA COMBUSTIBLE GASTADO	4-8-86	4-8-86		C/M	AB-301	VALVULAS AISLAMIENTO VAPOR PRINCIPAL	18-5-87	19-5-87	
	EC-202	PURIF. PISCINA COMBUSTIBLE	6-8-86	23-12-86		M	AB-302	VALVULAS SEGURIDAD VAPOR PRINCIPAL	24-5-87	24-5-87	
	EF-201	AGUA DE SERVICIOS ESENCIALES	28-10-86	30-10-86			AB-303	VALVULAS ALIVIO VAPOR PRINCIPAL	24-4-87	29-5-87	
	EG-201	AGUA REFRIGERACION COMPONENTES	25-9-86	20-12-86		C/M	AB-304	ALIVIO DE VAPOR AL CONDENSADOR	23-4-87	2-6-87	
	FA-201	CALDERAS AUXILIARES	10-11-86	10-11-86			AB/FB-305	INTERCONEXION VAP. PRINC. CON VAP. AUX.	19-5-87	20-5-87	
						M	AC-301	RODAJE INICIAL TURBINA PRINCIPAL	21-5-87	23-5-87	
	GB-201	AGUA ENFRIADA	23-2-87	3-4-87			AE-301	VERIFICACION NIVELES GENER. VAPOR	10-5-87	10-5-87	
	GE-201	CVAA ED. TURBINA Y APARELLAJE	17-3-87	15-6-87		C/M	AL-301	AGUA ALIMENTACION AUXILIAR	13-5-87	2-6-87	
	GG-201	CVAA ED. COMBUSTIBLE	17-9-86	23-9-86		C/M	BB-300	GUÍA PRUEBA EN CALENTE DEL SPR	21-4-87	11-6-87	
	GG-202	EFICACIA FILTROS ED. COMBUSTIBLE	3-7-87	13-7-87			BB-301	CALIBRACION CIRCUITO BY-PASS	26-4-87	5-6-87	
	GH-201	CVAA ED. DESECHOS RADIOACTIVOS	11-5-87	26-5-87		C/M	BB-302	CONTROL DE NIVEL DEL PRESIONADOR	2-5-87	2-5-87	
	GJ-201	SISTEMA ESENCIAL AGUA ENFRIADA	9-12-86	11-12-86		M	BB-303	MEDIDA CAUDAL TRAS DISPARO BOMBA	11-5-87	12-5-87	
C	GK-201	CVAA ED. Y SALA CONTROL	13-4-87	12-5-87			BB-304	ROCIADO Y CAPAC. CALENT. Y VAL. SEG.	5-5-87	8-5-87	
	GK-202	EFICACIA FILTROS ED. CONTROL	29-6-87	3-7-87		M	BB-305	VALVULAS ALIVIO Y CAPAC. TANQUE	5-5-87	5-6-87	
C	GK-203	PRUEBA PRESURIZ. SALA CONTROL	28-7-87	29-7-87			BB-306	VENTEO DE LA VASIA	14-5-87	2-6-87	
	GL-201	CVAA ED. AUXILIAR	20-2-87	24-4-87		C	BB-307	FUGAS EN CALENTE REFRIG. REACTOR	9-5-87	21-5-87	
	GM-201	CVAA ED. DIESEL	8-4-87	10-4-87		M	BB-308	PERIODA DE CALOR DEL SPR	20-5-87	20-5-87	
	GN-201	CVAA ED. CONTENCIÓN	14-4-87	21-4-87			BB-309	CONTROL PRESION DEL PRESIONADOR	8-5-87	8-5-87	
	GP-201	PRUEBA ESTRUCTURAL CONTENCIÓN (SIT)	13-2-87	14-2-87			BC-301	EVACUACION DE CALOR RESIDUAL	26-5-87	5-6-87	
C/M	GP-202	PRUEBA INTEGRADA DE FUGAS (LRT)	16-2-87	16-2-87		C/M	BG/BJ-301	CONTROL QUIMICO Y DE VOLUMEN	23-4-87	5-6-87	
M	GS-201	CONTROL GASES COMB. ED. CONTENCIÓN	16-5-87	7-8-87			BG-302	REGENERACION TERMICA DEL BORO	26-5-87	29-5-87	
	GT-201	PURIF. Y PURGA ED. CONTENCIÓN	25-6-87	27-6-87		M	BG-303	MEDICION DE BORO	26-5-87	29-5-87	
	GT-202	EFICACIA FILTROS SIST. PURIF. Y PURGA	15-7-87	16-7-87			BH-301	FUGAS VALVULAS RETENCION ACUMUL.	28-4-87	3-6-87	
	GZ-201	CVAA ED. SOLIDIFIC. Y ALMAC. DESECH.	16-6-87	25-6-87			BM-301	PURGA GENERADORES VAPOR	20-5-87	26-5-87	
						C	EG-301	AGUA REFRIGERACION COMPONENTES	5-5-87	3-6-87	
C/M	HA-201	DESECHOS GASEOSOS	7-4-87	22-6-87			GN-301	CVAA DE LA CONTENCIÓN	2-5-87	30-5-87	
C/M	HB-201	RECOC. Y PURIF. DESECHOS LIQUIDOS	23-3-87	24-3-87		C	KK-301	TOMA MUESTRAS RAD. EQ. AUXILIAR	21-4-87	5-6-87	
C/M	HB-202	EVAP. Y CONCENTR. DESECHOS LIQ.	5-5-87	14-5-87			KK-302	TOMA MUESTRAS RAD. EQ. DESECHOS	21-4-87	5-6-87	
C/M	HC-201	DESECHOS SOLIDOS	23-6-87	26-6-87			KL-301	TOMA MUESTRAS CONVENCIONALES	26-4-87	5-6-87	
C/M	HC-202	SOLIDIFICACION DE DESECHOS	30-7-87	7-8-87			SV-301	VIGILANCIA PARTES SUELTAS	21-4-87	5-6-87	
M	HD-201	DETERGENTES Y DESCONTAMINACION	27-4-87	27-4-87		C	TA-301	VERIFICACION VIBRACIONES TUBERIAS	23-4-87	9-6-87	
	HE-201	DESMINERALIZACION Y DESGASIFICAC.	5-3-87	11-3-87		C	TA-302	VERIFICACION DILATACIONES DEL SPR	21-4-87	11-6-87	
	HE-202	CONCENTRACION Y RECUPER. BORO	18-5-87	21-5-87		C	TA-303	VERIFICACION VIBRACIONES DEL SPR	11-5-87	12-5-87	
	HG-201	DRENAJES Y RECOC. DESECHOS LIQ.	16-2-87	4-3-87		C	AL-302	RESIST. SIST. AGUA ALIM. AUXILIAR	2-5-87	26-5-87	

toda la información de la Unidad de PEM y se realizaba la programación de detalle, enlazando con la entrega de Obra, siendo además el responsable de toda la documentación oficial que se generaba. También cumplía los servicios de administración (mecanografía, delineación, control horario, etc.), y se encargaba de cubrir las necesidades logísticas de los grupos.

Asimismo, este Gabinete realizó directamente algunas pruebas específicas (Prueba Integrada de Fugas de Contención, Prueba Estructural de Contención, Vibraciones y Dilataciones, etc.) que, por sus características integradas, superaban el concepto de sistema.

Dentro de este grupo se asignaron los asesores y expertos de que se dispuso durante los diferentes períodos de la PEM.

DESARROLLO DE LA PUESTA EN MARCHA. PARAMETROS E INCIDENTES

Conceptualmente, la Unidad de Puesta en Marcha inició su estructuración en octubre de 1984, con la incorporación de la Jefatura y los Jefes de Grupo. A lo largo del final de ese año y 1985 se especificaron las bases de funcionamiento de la organización, sus relaciones con las diferentes unidades, la división en subsistemas de la planta y la confección de programa de detalle (en el que ya se vertían las realidades de la construcción o se trataba de influir en ésta), de acuerdo con las necesidades futuras de PEM, iniciándose la redacción de los primeros procedimientos de pruebas, tanto genéricas como prenucleares.

Entre julio y septiembre de 1985 se puso en servicio la planta de desmineralización de agua, así como el sistema de transferencia de agua desmineralizada, cuya producción debía utilizarse en las tareas de limpieza de la obra. También (con alimentación provisional) se dispuso de los equipos contra incendios definitivos, para apoyar al sistema contra incendios provisional de obra.

A partir de primeros de 1986 se inician los trabajos de Puesta en Marcha, procediéndose el 8 de abril del mismo año a la Energización definitiva de los sistemas 6 kV y 380 kV, a través de la línea de 110 kV. A partir de esa fecha, el grupo Eléctrico se responsabilizó de que todo sistema entregado a PEM dispusiera de su correspondiente alimentación y protecciones.

Como ya se ha indicado, el personal de operación participó desde el principio en estas actividades. Desde el comienzo, todos los arranques se efectuaron con indicación y mando desde

la Sala de Control, en la cual únicamente podían actuar los futuros operadores de Explotación. A partir de la energización se estableció el correspondiente régimen de turnos.

Merece destacarse que todas las operaciones de descarga fueron coordinadas desde Sala de Control, utilizando los procedimientos propios de Explotación y que durante todo el proceso de la Puesta en Marcha no se produjo ningún accidente con daños a personas. A continuación se describen las pruebas más importantes realizadas, así como los incidentes más notables.

PRUEBA HIDROSTATICA DEL SECUNDARIO

Se inició la prueba el 24-11-86, y en el ese mismo día se realizó la prueba del Generador de Vapor C.

El día 25 se llevó a cabo la prueba del Generador A y el día 26 la del Generador B, si bien, ante la aparición de una fuga en uno de los tubos del mismo, hubo que proceder a su reparación, con lo que la prueba de dicho Generador finalizó el día 1-12-86.

Es de destacar, tanto la escasa duración de la misma, como el hecho de que se inició con dos semanas de adelanto respecto al programa.

PRUEBA HIDROSTATICA DEL PRIMARIO

Se inició la prueba el 27-1-87 y transcurrió hasta el día 31 sin problemas, obteniéndose resultados altamente satisfactorios.

Con posterioridad a la prueba, se observó un comportamiento extraño en uno de los motores de las bombas de refrigeración del reactor, causado por la existencia de un rozamiento del rotor del motor con una de las piezas deflectoras que dirigen el aire de ventilación del mismo, con el inconveniente de que la pieza en cuestión tenía un alma de acero que al rozar ponía en peligro la integridad de los devanados. Fue necesario desmontar los tres motores que se enviaron a fábrica, donde se procedió a su reparación sustituyendo las piezas por otras de nuevo diseño. Estos trabajos, a pesar de su envergadura, se realizaron en un plazo tan corto que se consiguió que no tuvieran ninguna incidencia en el programa general de Puesta en Marcha.

PRUEBAS ILRT Y SIT

Una vez realizadas las pruebas del sistema de presurización del Edificio de Contención y de los ventiladores de homogeneización del aire, se procedió a realizar las pruebas de Integridad Estructural del Edificio de Contención (SIT), así como la prueba Integrada de Fugas (ILRT). Ambas pruebas se reali-

zaron conjuntamente, de acuerdo con lo programado, siendo destacable la escasa duración de las mismas y los resultados especialmente satisfactorios que se consiguieron, muy por debajo de los criterios de aceptación establecidos.

La prueba SIT se inició en la tarde del día 12-2-87, llegándose a alcanzar la presión de pico a las 14 h 54' del día 14, manteniéndose hasta las 17 h 14' y procediendo a bajar hasta la presión de desgasificación, alcanzándose la misma a las 6 h 58' del día 15. A partir de este momento se inició la prueba integrada de fugas, que finalizó el día 17 a las 7 h 34', instante en el que se reanuda la prueba SIT, llegando a presión 0 a las 10 h 39' del día 18.

Previamente a estas pruebas, y a lo largo de ocho meses, se habían realizado las pruebas de fugas locales en todas las penetraciones de la Contención, lo que representó un considerable esfuerzo de coordinación con los técnicos de sistemas y los equipos de entregas de la Dirección de Obra.

En la figura II se muestra la variación de la presión del edificio de contención, a lo largo del tiempo, obtenida en estas pruebas.

PRUEBA FUNCIONAL EN CALIENTE

La prueba dio comienzo el día 21-04-87 y se desarrolló con toda normalidad. Las condiciones nominales de presión y temperatura se consiguieron el día 30-4-87. A partir de este momento se inició la pasivación del circuito primario, que tuvo una duración de setecientas veintiocho horas. Durante los días 6 y 8 de mayo se enfrió la planta para proceder a reparar una fuga en el drenaje de la caja de agua del Generador de Vapor B. El rodaje inicial del turbogenerador se produjo en la mañana del 21 de mayo, y el primer acoplamiento a la red tuvo lugar en la tarde del día 23. La prueba funcional en caliente finalizó el día 5-6-87, aunque el enfriamiento definitivo del circuito primario se postergó hasta el día 11, ya que fue preciso repetir la medición de esfuerzos en la línea de alivio del presionador. A lo largo de la prueba se realizaron la totalidad de las 33 pruebas prenucleares programadas.

PRUEBA DE ACTUACION DE SALVAGUARDIAS TECNOLOGICAS (ESFAS)

Esta serie de pruebas se inició el día 1-7-87 con la comprobación de separación del tren B con el tren A inoperable. Durante los días siguientes, y hasta el 8-7-87 se realizaron la totalidad de los pasos con resultados satisfactorios, pero durante la prueba de Inyección de Seguridad y Pérdida de Suministro Exterior a los treinta segundos,

A.N.V. / P.E.M. C.N. VANDELLOS II		CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS				SUBSISTEMA:								
IDENTIFICACION DEL EQUIPO														
NOMBRE:				CODIGO:		PLANO:								
DATOS NOMINALES				EQUIPO DE PRUEBA										
FLUIDO		RPM		CAUDAL: (m³/h) (K =)										
CAUDAL		RPM		PRESIÓN (Asp/Imp.): Kg/cm²										
ALTURA		RENDIMIENTO		POTENCIA: (CV) (K =)										
POTENCIA		POT. MOTOR												
TEMP. FLUIDO														
DATOS DE LA PRUEBA														
N.º	RPM	CAUDAL		ALTURAS				V	I	POTENCIAS				
		Δh (m³)	Q (m³/h)	P. imp. (m)	P. asp. (m)	$\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$ (m)	ΔZ man (m)	H. Total (m)	V	A	Lectura w	Pot. grupo KW	η motor	Pot. bom. KW.
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
N.º		Q (m³/h)	H (mcl)	Pot. (KW)	η bomba	Q (m³/h)	P. asp. (mcl)	$V^2/2g$ (m)	NPSH	OBSERVACIONES:				
1	Corregido a													
2														
3														
4														
5														
6														
7														
Temp. fluido _____ C. ΔZ man _____ (m) asp P. atmosf. _____ P. vapor _____ $NPSH = \frac{P_{atmos} + P_{aspi} - P_{vapor}}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + \Delta Z \text{ man aspira.}$										NORMAS DE PRUEBA:				
REALIZADO:				FECHA:				CONFORMADO G.C.O						
APROBADO:				FECHA:										

A.N.V. / P.E.M. C.N. VANDELLOS II G.I.C.		HOJA DE TOMA DE DATOS DE COMPROBACION CABLES DE LA INSTRUMENTACION NUCLEAR		SISTEMA: LAZO:	
1		IDENTIFICACION DEL LAZO			
		TAG.		SEÑAL DESDE	
ELEM. PRIM.				N/A	
TITULO:		COMPROBACION DEL "CABLE": _____			
ECC.:		REV. DIAG. LAZO INGEN.:		REV. DIAG. INTERCONEXION:	
		N/A		N/A	
2		DATOS DE LA PRUEBA			
2.1 PRERREQUISITOS		2.2 LIMPIEZA:		2.3 ACCESO:	
				3 OBSERVACIONES	
				LONGITUD DEL CABLE (L) =	
4		COMPROBACION		CABLE SIN CONECTORES INSTALADOS	CABLE CON UN CONECTOR INSTALADO
PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD Y RESISTENCIA		$R \leq 0,066 \cdot L$ CENTRAL / TIERRA		$0,066 \cdot L =$ R =	
		$R \leq 0,02 \cdot L$ PANTALLA INTERIOR / TIERRA		$0,02 \cdot L =$ R =	
		$R > 0,02 \cdot L$ PANTALLA EXTERIOR / TIERRA		$0,02 \cdot L =$ R =	
PRUEBAS DE AISLAMIENTO		$R > \frac{3 \cdot 10^{12}}{L}$ CENTRAL / PANTALLA INTERIOR		$\frac{3 \cdot 10^{12}}{L} =$ R =	
		$R > \frac{3 \cdot 10^{10}}{L}$ PANTALLA INTERIOR / PANTALLA EXTERIOR		$\frac{3 \cdot 10^{10}}{L} =$ R =	
		$R > \frac{3 \cdot 10^8}{L}$ PANTALLA EXTERIOR / TIERRA		$\frac{3 \cdot 10^8}{L} =$ R =	
5 EQUIPO DE PRUEBA:		6 OBSERVACIONES			
- MEGOMETRO N I-1586UG - FLUKE N I-1558UG - ELECTROMETRO N I-1667UG * Resistencia cables equipo 0,3 Ω					
REALIZADO:		FECHA ____ / ____ / ____		CONFORMADO	
REVISADO:		FECHA ____ / ____ / ____		G.C.O.:	
APROBADO:		FECHA ____ / ____ / ____			

PEM-I. 1

con el tren B operable, y una vez comprobadas satisfactoriamente todas las actuaciones, el diesel del tren A quedó fuera de servicio por diversas anomalías mecánicas, lo que obligó a parar las pruebas cuando estaban a punto de finalizar, el día 8-7-87.

De forma inmediata se procedió a enviar el motor dañado a la fábrica para proceder a su sustitución y, en un brevísimo plazo de tiempo, se consiguió hacer llegar a la Central un nuevo motor, el cual fue puesto a punto con toda urgencia. De esta forma, el día 27-7-87 se pudo repetir esta prueba de actuación de salvaguardias, finalizando así el conjunto de las mismas (ESFAS).

CARGA DE COMBUSTIBLE

La Central quedó lista para la carga de Combustible a primeros de agosto de 1987, dándose por finalizada la Puesta en Marcha de la misma, una vez realizadas la totalidad de las 170 Pruebas Prenucleares previstas. A partir de ese momento, las Pruebas Nucleares, así como todas las operaciones en la Central se han de realizar bajo el control exclusivo del personal de explotación. El permiso de explotación provisional de la Central fue concedido por el Ministerio de Industria y Energía el día 17 de agosto, iniciándose la carga de combustible el día 20 y finalizando el 23 del mismo mes.

RESUMEN

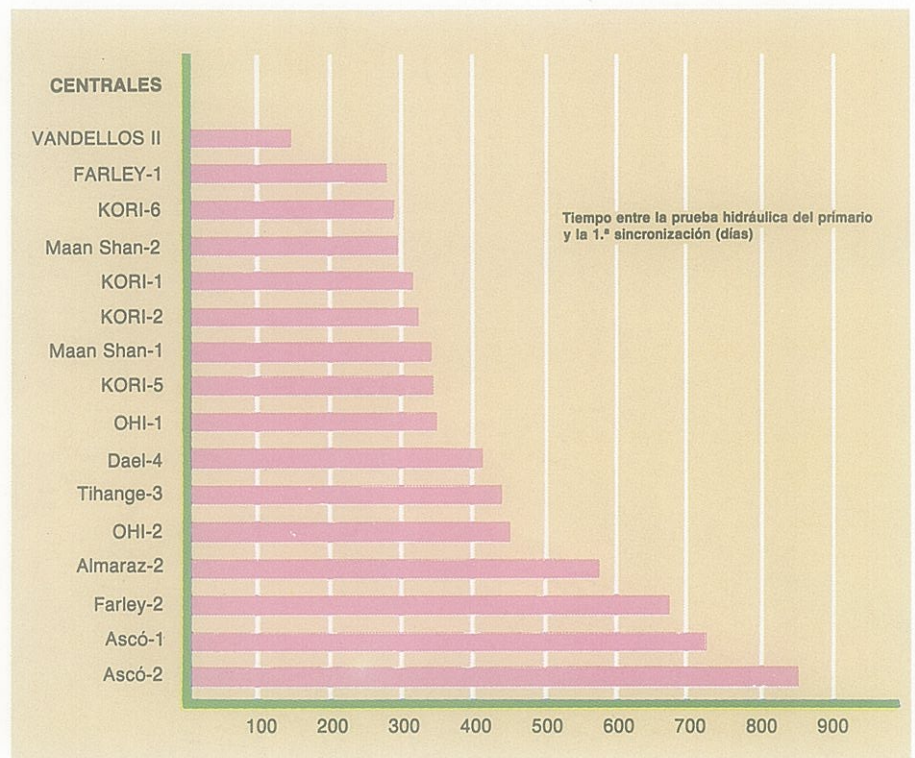
En total se realizaron 170 Pruebas Prenucleares (PPN'S), de las cuales 48 lo fueron en presencia del Consejo de Seguridad Nuclear y 49 en presencia facultativa del Ministerio de Industria y Energía. En la figura III se muestra la lista de cada una de las pruebas, así como su fecha de inicio y terminación. Además de los correspondientes Procedimientos Específicos, se redactaron 64 Procedimientos Genéricos (Figs. IV y V), de acuerdo con el siguiente desglose:

- Genéricos mecánicos	17
- Genéricos eléctricos	23
- Genéricos de instrumentación	21
	61

en los cuales se aplicaron un total de 7.713 componentes mecánicos, 9.068 eléctricos y 17.447 de instrumentación.

CONCLUSIONES

La realización de la Puesta en Marcha de la Central Nuclear de Vandellós II ha constituido un importante éxito, tanto por el cumplimiento del programa como por la ausencia de incidentes



F VI Duración comparativa de la PEM en diversas Centrales

mayores. A este respecto, resulta interesante observar los datos de la figura VI, en la que se indica la duración de las diferentes pruebas, así como de todo el período de puesta en marcha para diversas centrales en el mundo. Las razones de este éxito creemos deben buscarse en los siguientes hechos o circunstancias que se dieron en el proyecto de CN Vandellós II:

- Tanto la ingeniería como la construcción estaban suficientemente acabadas y con buena calidad en el momento de comenzar la PEM.
- Existió una buena coordinación y colaboración entre la Dirección de Obra y la Organización de PEM, y entre ésta y la Dirección de la Central (Explotación), lo cual permitió un traspaso suave sin traumatismos, procurando que este período de pruebas constituyera un entrenamiento progresivo del personal de explotación. Sin duda, esta ausencia de barreras entre las unidades fue propiciada por la decisión tomada por la Asociación Nuclear de Vandellós de asumir totalmente la responsabilidad de la PEM.
- El personal técnico necesario para la PEM fue elegido en función de su experiencia, profesionalidad y alta cualificación. Tanto la propiedad y empresas asociadas a la misma, como los ingenieros, proporcionaron personal de estas características. Del conjunto de 60 técnicos que participaron directamente en las ta-

reas de puesta en marcha, únicamente seis fueron de nacionalidad extranjera.

- La estrecha y fluida colaboración con la Dirección de Obra permitió dotar a la organización de PEM de unos recursos logísticos muy importantes, lo cual contribuyó a eliminar los tiempos muertos y esperas, pudiendo cumplir los plazos correspondientes. También contribuyó a ello, de modo significativo, el Grupo de Apoyo de la Ingeniería, desplazado en la Central, que permitió reaccionar de forma rápida a los diversos problemas que se plantearon.
 - A los procedimientos de las pruebas se les dio el valor documental que a nuestro juicio debían tener, apartándolos del concepto de guía de arranque, potenciando las pruebas de los componentes y manteniendo siempre una estrecha y cuidadosa vigilancia de los equipos, aunque sus propias pruebas hubiesen ya concluido.
- En definitiva, en la dualidad del trabajo que debe realizar la organización de PEM, esto es, documental y técnico, se trató de potenciar a este último sin olvidar evidentemente al primero.
- La buena disposición y preparación del personal que participó en la PEM hizo que su número no fuera muy elevado (unas trececinetas personas en la punta), lo que facilitó las tareas de coordinación y programación.