



Enrique FERNANDEZ LILLO es licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona (1980). En 1981 ingresa en ENHER, integrándose en el equipo para la futura plantilla de explotación de CN Vandellós II, pasando a ser jefe del Servicio de Química y Radioquímica, cargo que ostenta en la actualidad.

ORGANIZACION Y RESULTADOS DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA EN EL PRIMER ARRANQUE

E. FERNANDEZ LILLO

INTRODUCCION

En este artículo se presenta la organización del Departamento de Química y Radioquímica de CN Vandellós II, los medios informáticos disponibles para el tratamiento de datos generados y los resultados y conclusiones de los controles químicos realizados.

Los datos que se expondrán proceden de los análisis del laboratorio y de las medidas de la instrumentación química

en continuo que han sido recogidas por un sistema de adquisición de datos. Esto ha permitido tener conocimiento en todo momento del comportamiento químico de planta.

Se ha hecho también un estudio de la evolución de estos parámetros y de cómo afectan a la integridad del sistema.

Hay que destacar la mentalización desde el punto de vista químico, tanto de la Jefatura de pruebas de arranque como de Dirección de Central.

F I Datos de diseño de la Central de interés para la química

Potencia: 982 MWe

Sistema Primario:

- Westinghouse
- Tres lazos
- Generadores de Vapor (GV) modelo F

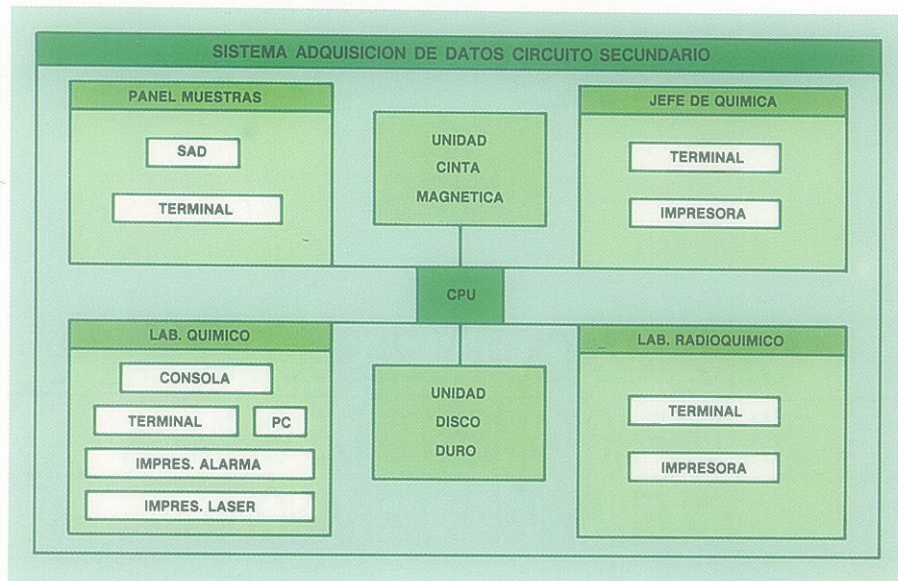
Materiales GV:

- Inconel 600 TT
- Expansión hidráulica de los tubos a nivel de placa base.
- Placas soporte con cuadrifoil de inoxidable.

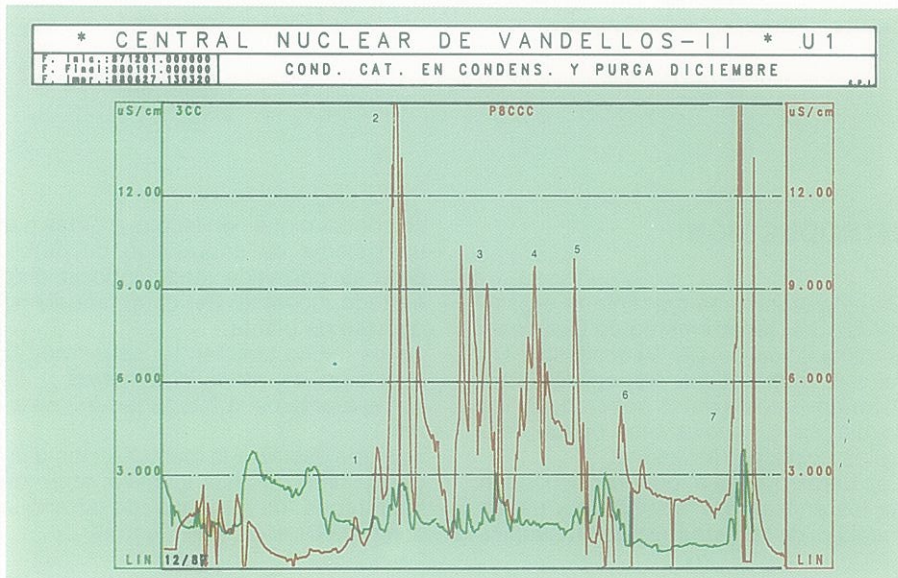
Sistema Secundario:

- Calentadores de Inoxidable.
- Condensadores de Titanio con doble placa.
- Separadores de turbina (MSR) con pre-separadores de alta eficiencia a la salida de turbina de AP.
- Refrigeración de agua de mar.
- Capacidad máxima de purga (37,5 %).
- Tratamiento de Purga:
 - Filtros electromagnéticos.
 - Lechos catiónicos y aniónicos.

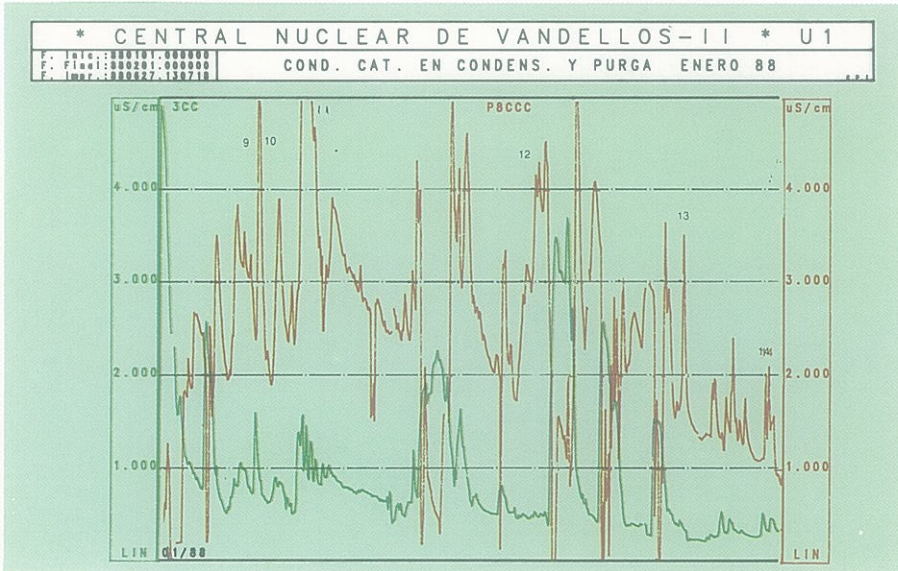
F II Configuración del Sistema de Adquisición de Datos Químicos (SAD)



F III Conductividad Catiónica diciembre



F IV Conductividad Catiónica enero



DESCRIPCION DE LA PLANTA

Los datos de diseño de la central, de interés para el seguimiento y control de la química, se representan en la figura I.

DEPARTAMENTO DE Q Y R

ORGANIZACION

Dispone de:

- Supervisor de Radioquímica.
- Técnico de Evaluación y Resultados.
- Supervisor de Laboratorio Químico.
- Supervisores de Química de Planta, que dependen directamente del jefe del Departamento Químico.

Esta organización permite:

- Controlar el funcionamiento de los laboratorios (Supervisor Radioquímico y de laboratorio químico).
 - Controlar los parámetros químicos según las especificaciones Químicas y Radioquímicas.
 - Control de la operación de la planta de tratamiento de agua (Supervisor Químico de turno).
 - Control de la radioquímica (Primario, tratamiento de Desechos y Efluentes) (Supervisor de Radioquímica).
 - Evaluar los resultados.
- Optimización de los programas de control.
- Revisión de las especificaciones químicas (Técnico de Evaluación).

APLICACIONES INFORMATICAS

SADQ (HP 1000). Sistema de Adquisición de Datos Químicos. Permite adquirir las variables químicas del secundario y, con un programa de tratamiento de datos (CN MONIT), efectuar análisis de tendencias (Fig. II).

CN LAB (HP 1000). Permite tratar los análisis de laboratorio introducidos manualmente. Como ejemplo están las figuras que se presentarán a continuación.

MENU (PC). Permite el tratamiento informático de datos de radioquímica procedentes de los análisis de espectros realizados en el mismo PC.

Aplicaciones de Cálculo en el programa LOTUS (PC)

- Cálculo de pH teórico (NH_3 , CO_2).
- Conductividad Catiónica teórica.
- Cálculo de "Hide out" de sales en el GV.
- Relación de Cationes y Aniones.
- Velocidades de purificación del secundario por purga.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de:

- Evolución de los parámetros químicos.
- Resultados durante la parada.

EVOLUCION DE PARAMETROS QUIMICOS

Durante todo el arranque se ha llevado un seguimiento exhaustivo de los parámetros químicos con objeto de analizar la procedencia de las impurezas, sus efectos y las posibles acciones correctoras.

Aparte de la evolución de la conductividad catiónica, se han analizado las especies individuales que éste engloba:

- Aniones fuertes (Cl^- , SO_4^- , F^- , NO_3^-).
- Orgánicos.
- CO_2 .

Siendo precisamente la Conductividad debida a aniones fuertes la que se fijó como parámetro de control.

Los valores que se han alcanzado han sido altos debido a las capas de óxido que se desarrollaron durante los períodos preoperacionales, que contenían elevadas cantidades de impurezas.

A continuación se presenta la evolución de:

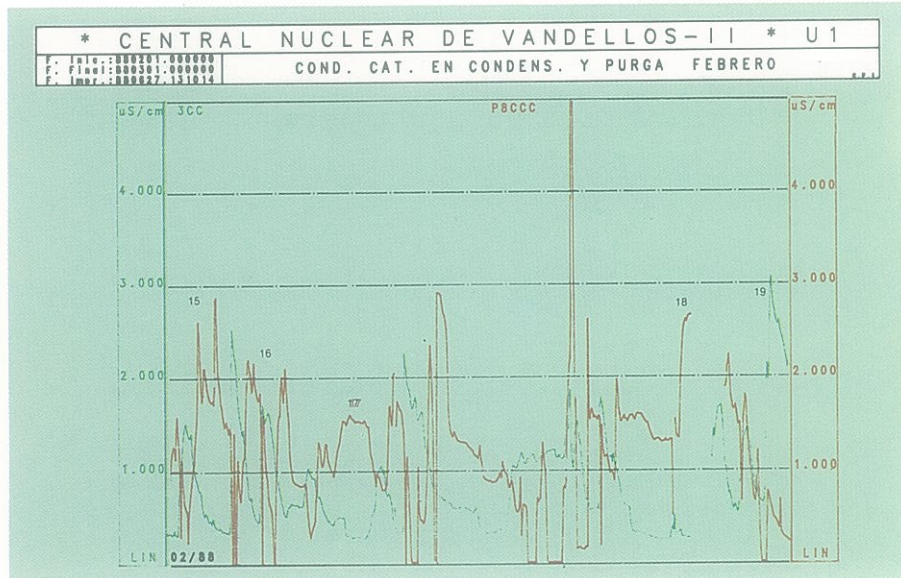
- La Conductividad Catiónica con la secuencia de acontecimientos.
- Orgánicos.
- Sulfato, Calcio, Magnesio.
- Fluoruros.
- Sílice.
- Sólidos en suspensión.
- Oxígeno.
- pH-Amónico.

Conductividad Catiónica

SECUENCIA DE ACONTECIMIENTOS

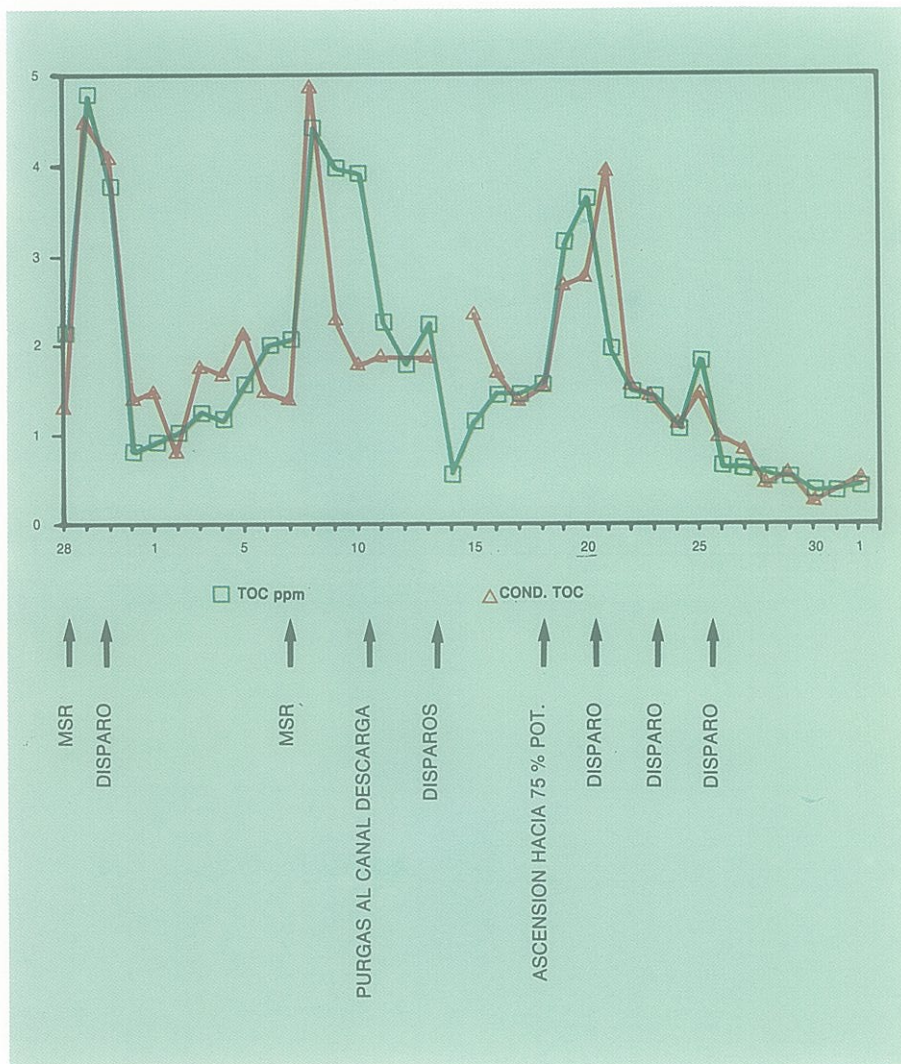
Se presentan la evolución de la conductividad catiónica en la purga del GVC (P8CC) y en la impulsión de las bombas de condensado (3CC) con los acontecimientos ocurridos (Figs. III, IV y V).

- Alineamiento inicial de la alimentación principal.
- Primera sincronización de turbina.
- Alineamiento secuencial de las carcassas de calentadores.
- Test colorimétrico.
- Borbotadores del condensador.
- Plateau del 30 %.
- Segunda etapa de calentadores.
- Parada para limpieza de Condensador.
- Plateau del 50 %.
- Alineamiento de la segunda etapa de MSR.

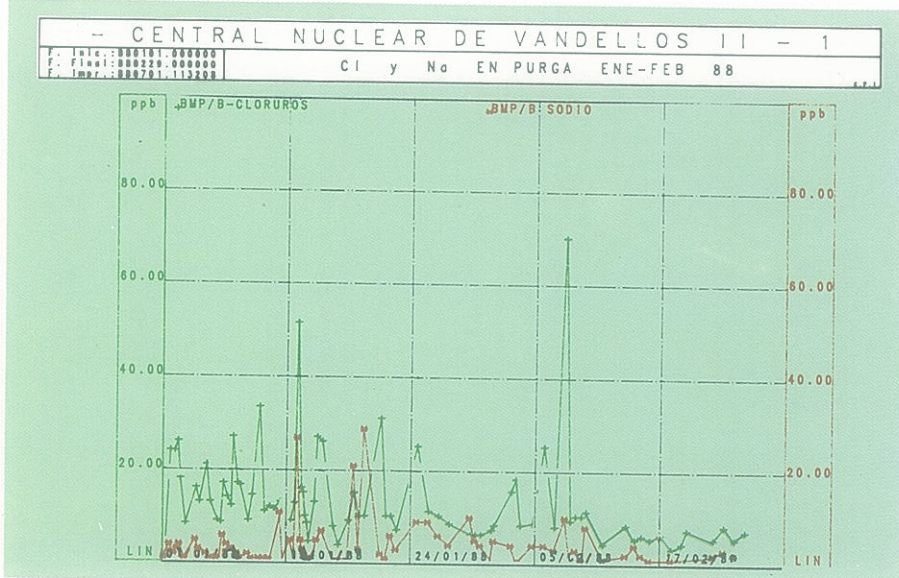


FV Conductividad Catiónica febrero

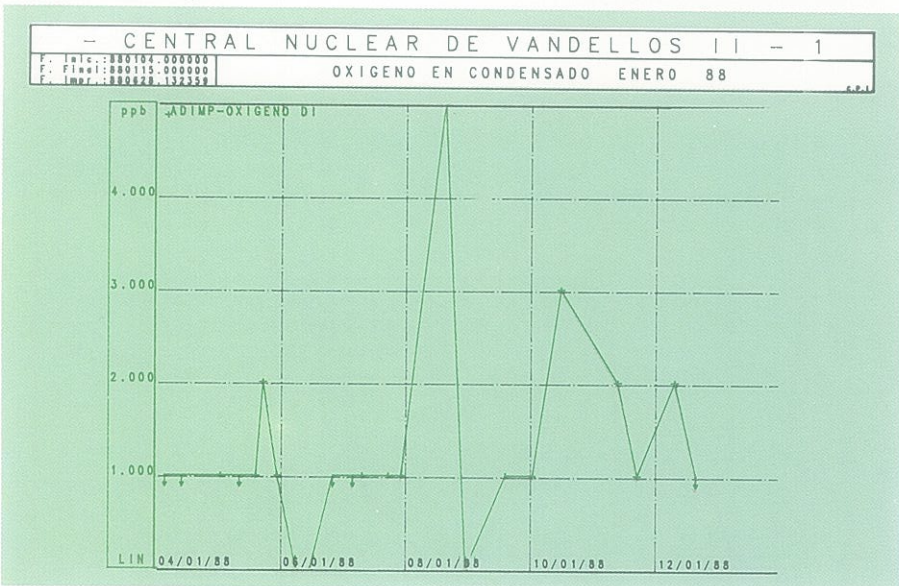
FVI Evolución TOC



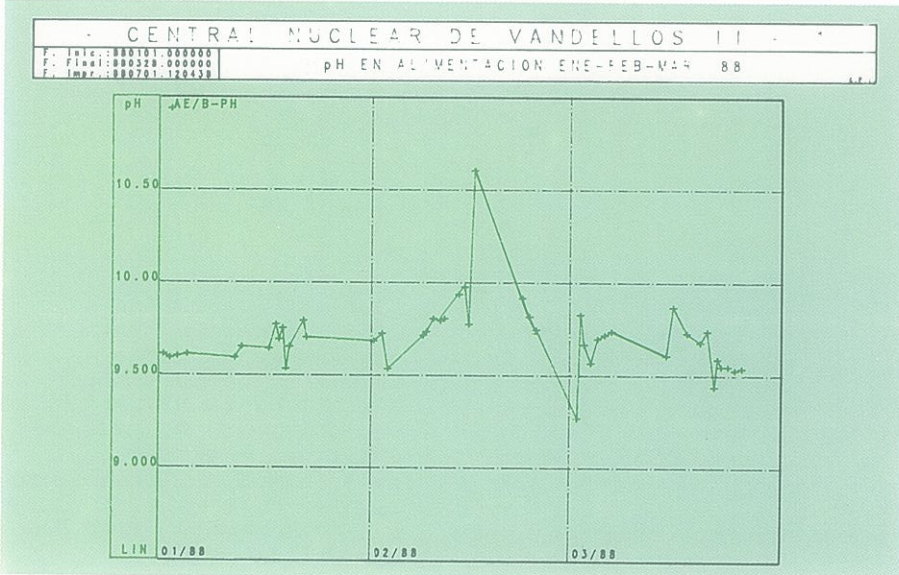
F VII Evolución SO_4 y Ca enero, febrero



F VIII Evolución oxígeno



F IX Evolución pH enero, febrero, marzo



- Alineamiento de Carcasas de Calentadores.
- Plateau del 75 %.
- Aislamiento de la purga.
- Rechazo de carga.
- Plateau del 90 %.
- Disparos del reactor.
- Plateau del 100 %.
- Prueba de arrastre de humedad.
- Prueba de Black-out.

La primera vez que la conductividad catiónica estuvo por debajo de 0,8 fue el 13.03.88.

Cada vez que se alineó un circuito por primera vez se detectaron aumentos de conductividad.

La línea base siempre fue alta debido a la disolución de los contaminantes internos del sistema.

Los aumentos de conductividad al subir potencia son debidos al incremento del factor de concentración en el GV (Caudal de alimentación/Caudal de purga).

Orgánicos

Estos compuestos, dentro de las impurezas en el secundario, son los menos dañinos.

Proceden de las superficies interiores del sistema. Los alabes llevan un preservativo llamado tectyl, así mismo, las líneas del crussunder y el crussolver llevan lacas para su protección durante periodos preoperacionales.

Estos compuestos se oxidan, dando lugar a ácidos orgánicos.

Dada su volatilidad y su bajo grado de ionización, solamente una pequeña proporción ha sido eliminada a través de los desmineralizadores de la purga. Solamente se ha visto una fuerte eliminación de ácidos, cuando se decidió no recuperar la purga (10 enero), y principalmente debido a la apertura de las válvulas de alivio de los GV durante los disparos (Fig. VI).

Sulfatos, Calcio, Magnesio y Ca en purga GV

El Sulfato y el Calcio (Fig. VII) han sido la principal contaminación y en mucha menor proporción el Magnesio, que concuerda con lo obtenido en otras plantas.

Inicialmente, la relación $\text{Ca}/\text{SO}_4 = 4$ indicando un exceso de Ca procedente de Silicato de calcio y de la cal en revestimientos de tuberías y componentes, así como de la contaminación ambiental durante los periodos preoperacionales y en menor proporción de las soldaduras por uso de electrodos.

FLUORUROS

Este ión, si bien puede favorecer la aparición del SCC, no es tan corrosivo

como sobre el iniconel y el acero al carbono como el Cloruro y el Sulfato.

La principal fuente de fluoruros son las soldaduras, en las que quedan restos del fundente.

Su concentración ha sido baja (entre 5-20 ppb en las purgas de GV) y no ha experimentado una gran variación, por lo que todavía siguen eliminándose de las soldaduras.

A medida que se han ido reduciendo las demás impurezas ha cobrado mayor importancia relativa.

Sílice

La sílice en vapor favorece el agrietamiento de álabes de turbina. En los generadores de vapor no se conocen problemas de corrosión debido a ello.

Durante el arranque de la planta, aparte de los primeros momentos, su nivel ha sido aceptable, cumpliendo los límites especificados (300 ppb.).

Sólidos en suspensión

Han sido la causa de varios transitorios (Reducciones de Potencia y disparos) por acumulación en los filtros temporales de protección de las bombas de condensado, turbobombas y drenaje de calentadores.

Proceden de la corrosión de las superficies internas durante los períodos preoperacionales. Altos contenidos de sólidos durante operación estable indicarán altas velocidades de corrosión. Estos lodos constituyen un riesgo para la integridad de los tubos de iniconel, ya que fomentan el secuestro de especies químicas (hide out), creando zonas de alta concentración de impurezas.

Para el control de sólidos en el secundario existen dos acciones principales.

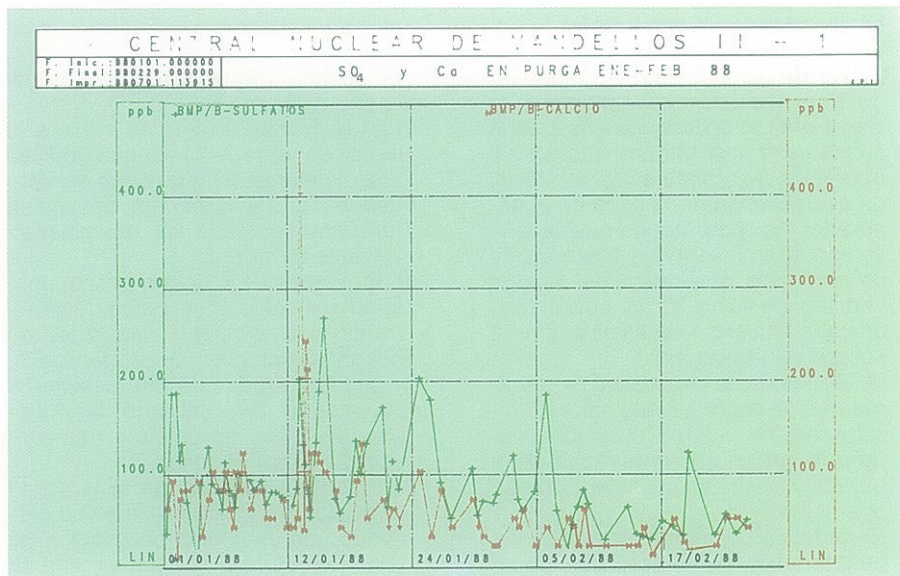
- Minimizar la corrosión del sistema y el transporte de productos de corrosión.
- Eliminar en cada recarga los lodos del GV (Sludge Lancing) y limpieza del condensador.

La operación de la planta y el paso del tiempo han ido reduciendo su nivel, aunque todavía son altos.

Los valores con grandes variaciones han oscilado entre las 5 ppm al principio y las 500 ppb al final en las purgas de los GV.

Oxígeno

Es la especie química más dañina de las que comúnmente se dan en el circuito secundario y desempeña un papel primordial en la mayoría de los fenómenos de corrosión que ocurren en los generadores de vapor (pitting, denting, IGA, SCC) (Fig. VIII).



FX Evolución Cl y Na enero, febrero

En Vandellós II, durante el arranque su concentración ha sido francamente baja. El valor medio en condensado durante operación ha estado entre 1 y 2 ppb. Siendo 10 ppb la especificación. Esto es consecuencia de dos factores:

- Excelente desgasificación del Condensador.
- Pocas entradas de aire al condensador.

pH-Amoniaco

Como agente alcalinizante se utiliza amoniaco con objeto de mantener el pH en agua de alimentación entre 9,6 y 9,8, y asegurar así un pH de 9,3 en los drenajes de calentadores. Este alto pH permite reducir el fenómeno de erosión corrosión en un factor -3 (ref. 6) con respecto a plantas con cobre que trabajan en pH 9-9,2 en las zonas de alto riesgo.

En la figura IX se muestra la evolución del pH en alimentación.

Cloruros y Sodio

Altas concentraciones de Cloruro pueden causar picaduras del iniconel y denting. Si bien el GV modelo F de CN Vandellós II al poseer placas soportes de inoxidable con cuadrifol no es susceptible a los tipos de denting conocidos.

El Sodio, por su parte, puede producir IGA (Ataque intergranular), siendo éste uno de los principales mecanismos de deterioro de los tubos de iniconel 600 de GV. El tratamiento térmico de los tubos de Vandellós los hace más resistentes.

Los niveles de Cl- han disminuido rápidamente a valores por debajo de las especificaciones (20 ppb) (Fig. X).

Los niveles de Sodio han sido más bajos incluso, lo que indica la elevada estanqueidad del condensador.

RESULTADOS DESPUES DE LA PRIMERA PARADA DE MANTENIMIENTO (ABRIL 88)

Retorno de impurezas en el GV durante el enfriamiento

- La cantidad de especies químicas secuestradas en los generadores de vapor ha sido mínima (50 gr de especies iónicas).
- Limpieza de Lodos (Sludge Lancing). Los lodos eliminados han sido 40 kg (Magnetita).
- Limpieza del Condensador 500 kg (Magnetita).

CONCLUSIONES

- El nivel de impureza ha sido elevado, sobre todo en las zonas de calentadores de alta y baja presión lado vapor y MSR siendo en los plateaus a baja potencia y en los arranques cuando más retrasos han existido por química (principalmente la conductividad catiónica).
- La baja disponibilidad de agua desgasificada ha dificultado la apropiada eliminación de impurezas durante disparos y arranques.
- Las pérdidas de vacío debidas a disparos han provocado muchas entradas de CO₂, que ha subido la conductividad del condensado.

- Durante períodos preoperacionales se desarrolló una capa de óxido sobre las superficies internas de los trenes de alimentación y condensado. Este hecho ha provocado un alto transporte de sólidos, que ha sido la causa de frecuentes transitorios de operación por colmatación de filtros. La acumulación de sólidos en el generador ha sido menor que la que se esperaba (según los balances de sólidos y los resultados del Sludge Lancing de los GV), lo cual indica una alta eficiencia de eliminación de sólidos en la purga.
- El secuestro de impurezas en generadores de vapor es muy bajo. (Coincide con los valores obtenidos durante el retorno de impurezas en la parada y los balances realizados en operación.)
- El balance de impurezas en los generadores de vapor fue, en un principio, alcalino, y ha ido evolucionando a lo largo del arranque hacia neutro. La alcalinidad se debió al exceso de calcio en el sistema.
- Aunque los niveles de impurezas han sido altos, se han debido principalmente a especies químicas poco agresivas (orgánicos, fluoruro, calcio).

Especies muy agresivas como el cloruro y el sodio han tenido valores bajos.

El sulfato (moderadamente agresivo) ha sido alto.

- Los bajísimos niveles de sodio a lo largo de todo el arranque indican una excelente estanqueidad del condensador, así como un apropiado funcionamiento de los desmineralizadores de purga.
- Los niveles de oxígeno en condensado han sido muy bajos, demostrando una excelente capacidad de desgasificación en el condensador, y pocas entradas de aire al sistema secundario. Sin embargo, los cambios de filtros de bombas han provocado picos de oxígeno.
- La disponibilidad de un sistema de adquisición de datos en línea ha permitido una excelente correlación de las operaciones realizadas con la química, posibilitando la toma de decisiones en los momentos oportunos.

Se puede afirmar que este ha sido el arranque de planta con un seguimiento de la química más exhaustivo.

Cabe destacar la elevada cooperación con el servicio de Operación, lo que ha permitido mantener los parámetros

químicos tan bajos como razonablemente ha sido posible.

REFERENCIAS

- (1) Informe Químico primer arranque de CN Vandellós (Documento interno). J. C. Vicente -ANV- y E. Fernández Lillo -ANV.
- (2) Vandellós II, Description of Chemistry departement and plant start up. Plant Chemist's meeting, Atlanta, 10.05.88. Ricardo Llovet -W- y E. Fernández Lillo -ANV.
- (3) Informe Químico durante la parada (Documento interno). J. C. Vicente -ANV-, E. Fernández Lillo -ANV- y J. L. Sarria -ANV.
- (4) PQG-02. Especificaciones químicas del Circuito Secundario. CN Vandellós II.
- (5) PQG-01. Manual de Organización del Servicio de Q y R de CN Vandellós II.
- (6) PWR Secondary Water Chemistry and Corrosion. F. Nordmann Ph Berge. EDF 1988 JAIF International Conference on Water Chemistry on Nuclear Power Plants.

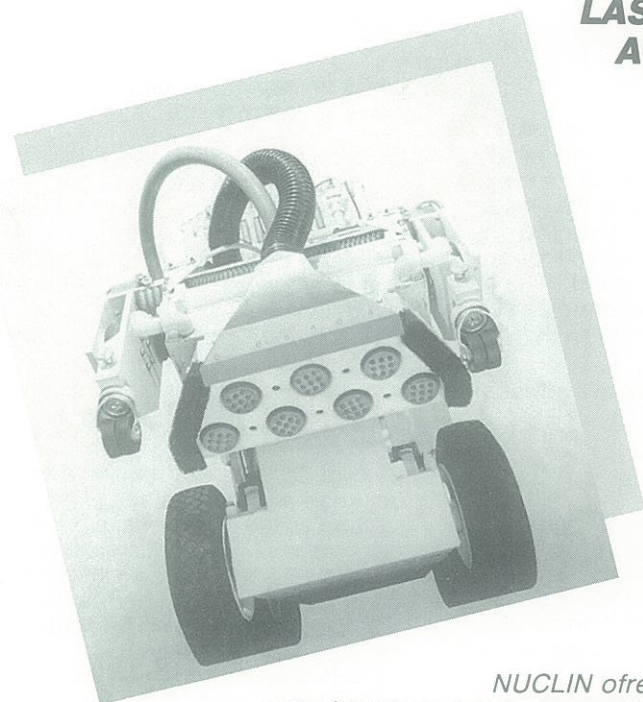
LAS TECNICAS MAS ACTUALES APLICADAS A LAS NECESIDADES DE HOY

DESCONTAMINACION

- Equipos de electropulido, tratamiento químico, granallado, etc.
- Equipos de control remoto para descontaminación de superficies
- Pinturas autopolables y procesos químicos
- Servicios completos con personal propio

RESIDUOS RADIOACTIVOS

- Sistemas de manipulación de R. R.
- Sistemas de solidificación de resinas
- Incineradores de R. R. (NUCLIN-NORSK HYDRO)
- Programas de software para la gestión de Residuos Radiactivos y predicción de rotura de vainas
- Técnicas de reducción de volumen de R. R.



NUCLIN ofrece actualmente sus nuevos servicios en el área de **Garantía de Calidad** de los desarrollos informáticos (Software), así como la **Dedicación** de componentes de grado comercial para su uso en aplicaciones relacionadas con la seguridad según tecnología aplicada en USA y aceptada por la NCR.

NUCLIN, S. A. Castelló, 39 28001 Madrid
Tel. 91/431 04 93 Fax 275 98 96 Tlx. 22558

