

MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN CANALES COMBUSTIBLES DE LA CNE

Martín Ghiselli¹, A.; Fiori¹, J.; Sacchi¹, M.; Villabrille¹, G.

¹Comisión Nacional de Energía Atómica

ABSTRACT: This paper present a description of implementation and execution of vibration measurements made at the request of NUCLEOELECTRICA ARGENTINA S.A. on the ends of the reactor fuel channels of Embalse Nuclear Power Plant to explore possible differences between the dynamic behavior of empty fuel channel and with full charge of fuel elements inside.

ANTECEDENTES

Por solicitud de la empresa Nucleoeléctrica Argentina S.A., se midieron las vibraciones que se producen en los extremos de canales combustibles (end fittings) en el lado C de la Calandria de la Central Nuclear de Embalse, Figura 1. El objetivo es analizar las posibles diferencias que se tienen en el comportamiento dinámico de canales sin elementos combustibles (EC) y canales conteniendo el conjunto de 12 EC.

Se describe la implementación y ejecución de las mediciones de vibración realizadas sobre los extremos de dos canales combustibles, uno sin EC y otro con los doce EC en su interior, para verificar y realimentar modelos de cálculo para el seguimiento del funcionamiento de la CNE, y para el desarrollo de una nueva herramienta para el monitoreo de las condiciones de componentes del circuito primario de la Central Nuclear Embalse.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Las condiciones en las que se realizaron las mediciones se aproximan a las de funcionamiento de la planta, es decir, que el refrigerante tuviera el caudal y temperatura de operación. Debido a ello las mediciones se realizaron durante el proceso de arranque de la planta, al finalizarse las actividades de las paradas programadas de mantenimiento.

Para estas mediciones se utilizaron acelerómetros de alta sensibilidad, Figura 2, con la curva de desempeño que se muestra en la Figura 3. Los acelerómetros se fijaron al dispositivo de medición atornillados mediante un espárrago roscado. La cadena de

medición se completó con amplificadores y acondicionadores de señal, Figura 4, unidos a los acelerómetros por medio de cables de bajo ruido con aislación de teflón de unos 20 m de longitud y envainados con un film plástico descartable para evitar la contaminación del cable. La adquisición y procesamiento de las señales se realizó mediante una placa PCMCIA de dos canales, usando el software provisto con dicha placa, Figura 5, instalada en una notebook.

Se eligió este conjunto para la adquisición y procesamiento de señales debido a su portabilidad, la que fue una condición a tener en cuenta cuando se planificó el trabajo, debido a que el mismo se debía desarrollar instalando y operando los equipos a pocos metros de los extremos de los canales combustibles en el recinto del reactor.

De acuerdo a lo requerido, se medirían las vibraciones en las tres direcciones ortogonales de cada canal. Para ello, NA-SA fabricó un dispositivo que permite colocar un acelerómetro en cada una de las tres direcciones de medición, fácilmente montable y desmontable en los extremos de los canales combustibles, y que contara con un cubo o un buje en el que hubiera roscas hembras, para el atornillar acelerómetros. Estas abrazaderas se pueden fijar rigidamente al End Fitting de cada canal a evaluar de forma de transmitir sin degradación las vibraciones que se tienen en el componente. Las abrazaderas están realizadas en dos mitades de chapa de acero inoxidable curvada con orejas y orificios para colocar tornillo y tuerca de sujeción, Figura 6. Para cambiar la posición del acelerómetro (de vertical a horizontal), se optó por girar la abrazadera pues era más sencillo y rápido que sacar el acelerómetro y volverlo a colocar.

REALIZACION DE LAS MEDICIONES

Como las mediciones se debían realizar con un flujo de refrigerante igual al que se tiene en operación de la planta, las mismas se hicieron durante un intervalo de tiempo antes de la puesta a crítico del reactor, en el que las cuatro bombas que impulsan el refrigerante, están funcionando a régimen.

El ingreso y la permanencia en la zona de trabajo resulta complejo respecto de mediciones similares en plantas convencionales debido a las estrictas medidas y normas de seguridad radiológicas e industriales que se deben observar. En particular, la instalación de las abrazaderas sobre los end fittings fue realizada por personal de la CNE provisto de un traje integral de protección con suministro de aire debido a la presencia de tritio como consecuencia de las pérdidas normales de agua pesada que se producen en esa etapa de la puesta en marcha. Las tareas se realizaron siempre acompañados por oficiales de seguridad radiológica de la CNE.

El equipo de medición se colocó a un lado de la calandria sobre una mesa provista por la planta. Cada medición realizada demanda alrededor de 5 minutos y cada canal de datos recibe información de cada canal combustible en la posición fijada. Por último se reubicaban los acelerómetros para medir en la dirección axial de los canales combustibles, completando el conjunto de mediciones. Una vez completadas las mediciones, se retira todo el equipamiento de medición; resultando que desde el ingreso hasta el egreso del recinto transcurren aproximadamente 45 minutos, lo que limita la dosis acumulada en la tarea.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Las mediciones se realizaron con el circuito primario operando aproximadamente a 57 °C y 84 kg/cm², teniéndose registro de que el caudal medido sobre el feeder del canal vacío (sin eC cargados) resultaba aproximadamente de 0.0392 m³/s (velocidad medida de 20.6 m/s sobre un diámetro interno de 49.25 mm).

Las Figuras 7 y 8 presentan los resultados obtenidos en las mediciones realizadas con sentido de medición vertical sobre los canales vacío y lleno respectivamente.

El principal aporte a los valores rms globales de vibración lo producen los picos de frecuencia de mayor amplitud que presentan los espectros. Así, para el End-Fitting del canal vacío, los principales picos de frecuencia en sentido vertical de medición son de 27.83, 45.35 y 47.46 Hz.

En el caso del End-Fitting correspondiente al canal con EC, los principales picos de frecuencia en sentido vertical de medición son 21.15 y 46.64 Hz.

Se observó que las características de la respuesta dinámica de ambos canales resulta similar para cada sentido de medición. Se entiende que el pico de frecuencia, especialmente alrededor de 20 Hz que se ve en todos los espectros, corresponde al primer modo natural de vibración del conjunto del End-Fitting del canal combustible. Las diferencias que se tienen en los valores de frecuencia encontrados entre canales y entre los sentidos de medición, vertical y horizontal, se deberían a pequeños cambios en las condiciones de soporte del End-Fitting en sus distintos puntos de apoyo.

El modelo del conjunto del canal combustible calculado por NA-SA prevé que la primera frecuencia natural de vibración del canal completo es de 6.74 Hz para el caso del canal con sus elementos combustibles y de 11.25 Hz para el canal vacío. De ese cálculo también resultó que ese primer modo natural se correspondería con un movimiento de la porción central del canal, que no afectaría apreciablemente los End-Fittings. Por otra parte, si se consideraba el agregado de la masa asociada de agua del moderador a la masa del tubo de calandria, se tendría en ambos casos un valor de frecuencia natural de vibración algo menor que el indicado previamente.

Con el objeto de tratar de identificar la presencia de alguna vibración de estas características en las mediciones realizadas, las Figuras 9 y 10 presentan una ampliación de los autoespectros, en la banda de 0 a 20 Hz. En estas figuras se identifican picos de frecuencia de 9.14 y 6.50 Hz respectivamente que coinciden con las predicciones del modelo de cálculo.

La Tabla I presenta la evaluación de los datos que se tienen en estas frecuencias, asumiendo que las mismas se corresponden con las primeras frecuencias naturales de vibración del tubo de presión, medidas en el extremo del End-Fitting.

De las mediciones realizadas en los extremos de los End-Fitting, los desplazamientos correspondientes a la frecuencia asociada con el primer modo natural de vibración del canal con los EC, resultan mayores que los correspondientes del canal sin los EC, tanto en sentido horizontal como vertical.

Estas mediciones se realizaron, empleando el mismo procedimiento, en tres oportunidades diferentes a lo largo de un año y medio en diferentes arranque de la planta, obteniéndose resultados con valores similares en cada caso.

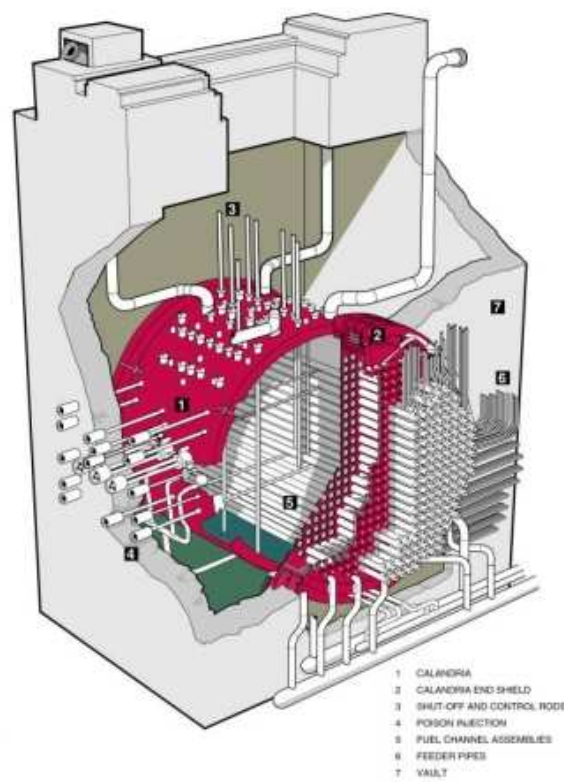
CONCLUSIONES DEL TRABAJO

De los valores globales de vibración medidos tanto en sentido vertical como horizontal resulta que, en principio, no existen diferencias de importancia entre las magnitudes de las vibraciones medidas sobre los End-Fittings de ambos canales combustibles.

Las mediciones permitieron identificar picos de frecuencia en los espectros de vibración que deberían corresponder a las frecuencias naturales de vibración de los End-Fitting y otros de menor magnitud que se corresponden con las estimaciones realizadas para los modos naturales de vibración del conjunto del canal combustible.

La comparación de los resultados obtenidos con modelos de cálculo sencillos de los canales con y sin sus elementos combustibles en su interior permitió verificar el esperado corrimiento de las frecuencias naturales de vibración como consecuencia del cambio que se tiene en la masa del conjunto, cambio que resulta propio de las diferentes características del sistema y que no afecta en medida alguna al canal combustible o a la operación segura de la planta.

Los resultados de estas mediciones permiten apuntar al desarrollo de una nueva herramienta para el monitoreo de condición de componentes del circuito primario de la Central Nuclear Embalse.



CANDU 6 Reactor Assembly

Figura 1: lado C de la calandria



Figura 2: Acelerómetro B&K 4370

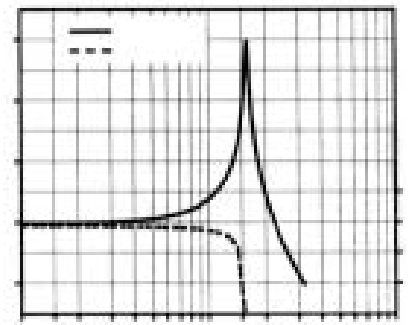
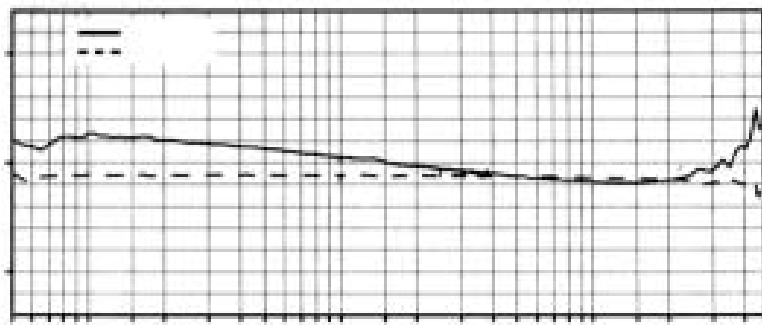


Figura 3: Curvas de desempeño



Figura 4: Amplificador y acondicionador de señales B&K 2635



Figura 5: Tarjeta Signacalc Mod.ACE

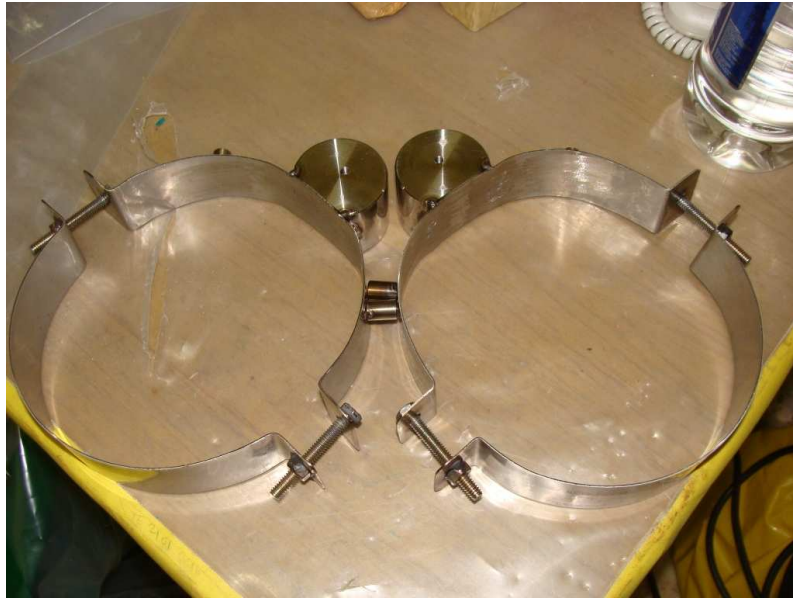


Figura 6: Abrazaderas con el bujes para colocar los acelerómetros

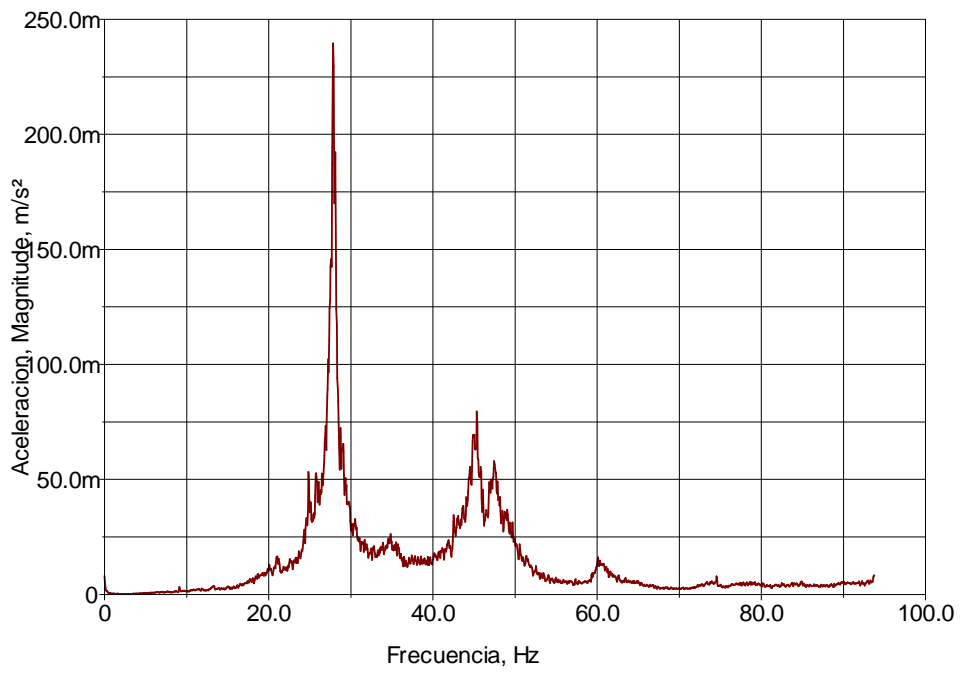


Figura 7: Autospectro en sentido vertical Canal Vacío

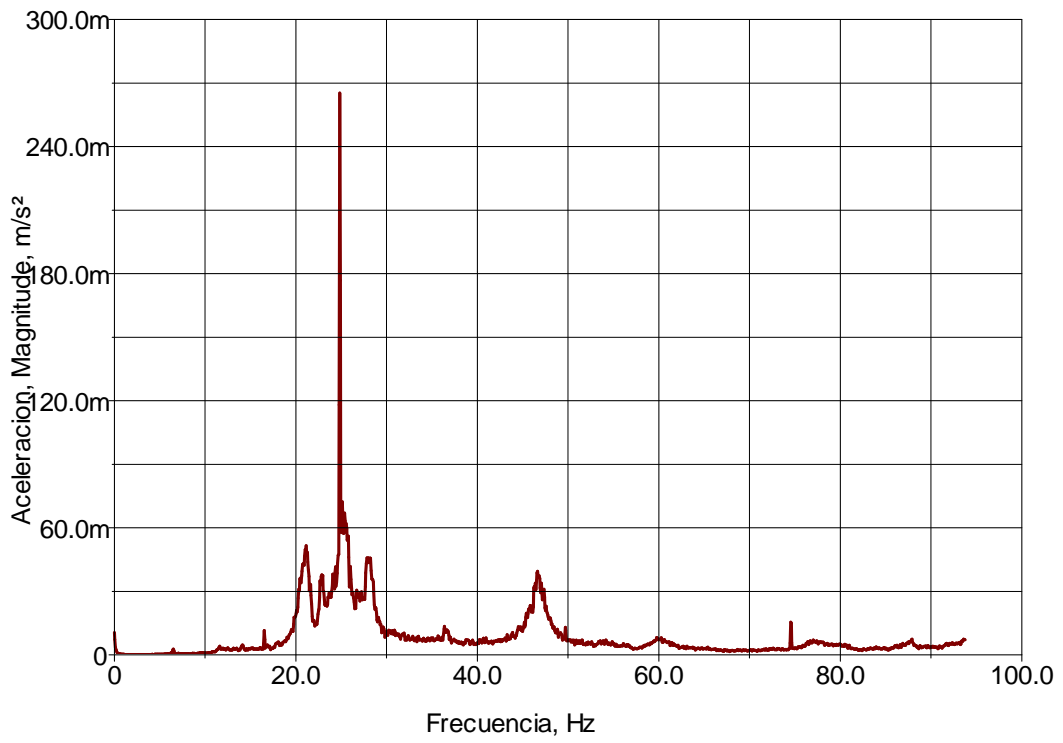


Figura 8: Autospectro en sentido vertical Canal Lleno

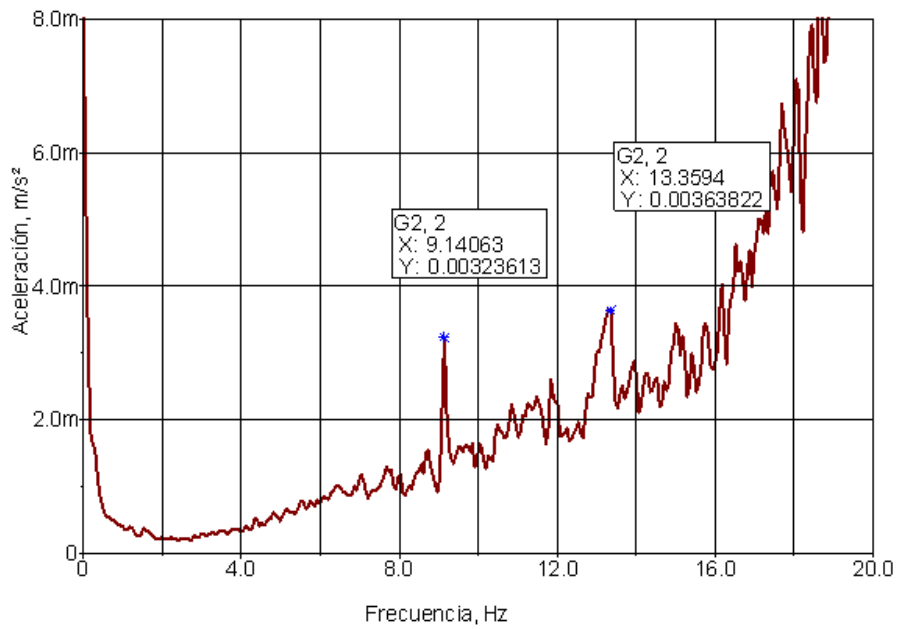


Figura 9: Autospectro en sentido vertical Canal Vacío

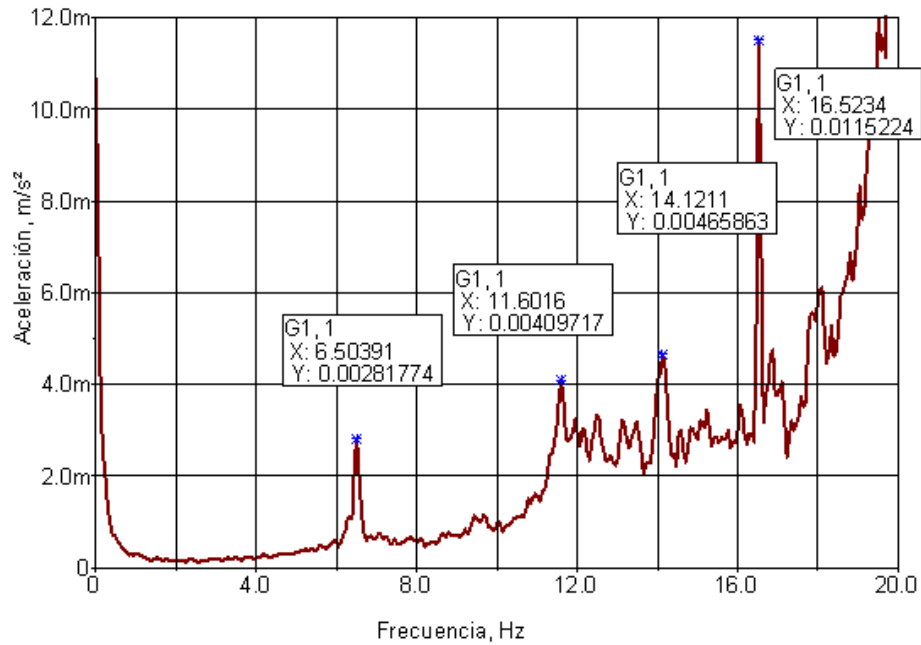


Figura 10: Autoespectro en sentido vertical Canal Lleno

Tabla I. Desplazamientos medidos para las frecuencias naturales de vibración.

End- Fitting	Canal Vacío	Canal Lleno
Medición vertical		
Aceleración medida	3.24 mm/s ²	2.82 mm/s ²
Frecuencia medida	9.1 Hz	6.5 Hz
Desplazamiento calculado	0.9 µm	1.7 µm
Medición horizontal		
Aceleración medida	2.17 mm/s ²	2.39 mm/s ²
Frecuencia medida	8.5 Hz	7.0 Hz
Desplazamiento calculado	0.8 µm	1.2 µm