

Análisis Radiológico por la Adición de Hidrogeno y Metales Nobles en los Reactores de la Central Laguna Verde.

Padilla C. Ismael
Comisión Federal de Electricidad
Protección Radiológica
ipadilla@cfe.gob.mx

Resumen

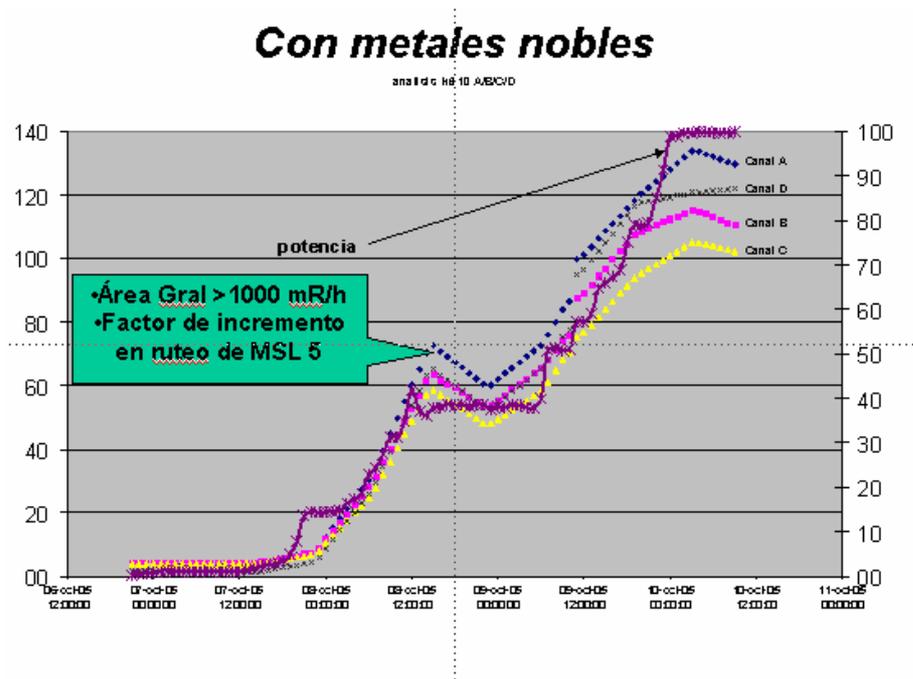
Durante la operación de las centrales nucleares hay metales que están sujetos a condiciones y agentes que ocasionan que éstos presenten indicaciones de corrosión intergranular y por su importancia se ven sujetos a una vigilancia continua para asegurar su integridad. Durante el tiempo de operación, por el nivel de indicaciones, puede ser necesaria la sustitución de éstos. Los componentes internos de la vasija y particularmente los de la estructura del núcleo del reactor están expuestos durante la operación a un flujo neutrónico que ocasiona que estos se activen y, en consecuencia, ante una eventual reparación será necesario enfrentar altos niveles de radiación. Actualmente existe una técnica que controla y reduce la razón de crecimiento de las indicaciones en los metales e incrementa su vida útil: la adición de hidrógeno.

La adición del hidrógeno es una medida ALARA de largo plazo al proteger los internos de la vasija, que en la etapa de su aplicación requiere establecer controles radiológicos para evitar dosis innecesarias al personal.

La adición de hidrógeno al sistema primario tiene como objetivo reducir el crecimiento de indicaciones producidas por corrosión intergranular en metales del núcleo del reactor y esto se logra cuando se alcanzan los umbrales electroquímicos. El Hidrógeno al interactuar con las superficies del metal genera reacciones reductivas provocando en consecuencia un incremento en la concentración de cobaltos solubles en el refrigerante y un incremento en la concentración de nitrógenos. Para reducir la magnitud del impacto radiológico, que en algunas CN llegó a factores 10, se inyectan al sistema metales nobles como el rodio y el platino, para reducir la concentración de hidrógeno al sistema y estar por debajo del potencial electroquímico umbral necesario para proteger los internos de la vasija del reactor. La experiencia operacional externa e interna generada sobre esta técnica de protección a los internos de la vasija y del comportamiento radiológico al aplicarlas, nos permitió establecer estrategias en la Central Laguna Verde para controlar y reducir la magnitud del incremento radiológico en las líneas primarias de vapor en ambas unidades durante el periodo inicial de aplicación. Los efectos radiológicos por la adición del hidrógeno y de los metales nobles, y su secuencia de incorporación al reactor son el motivo de este trabajo.

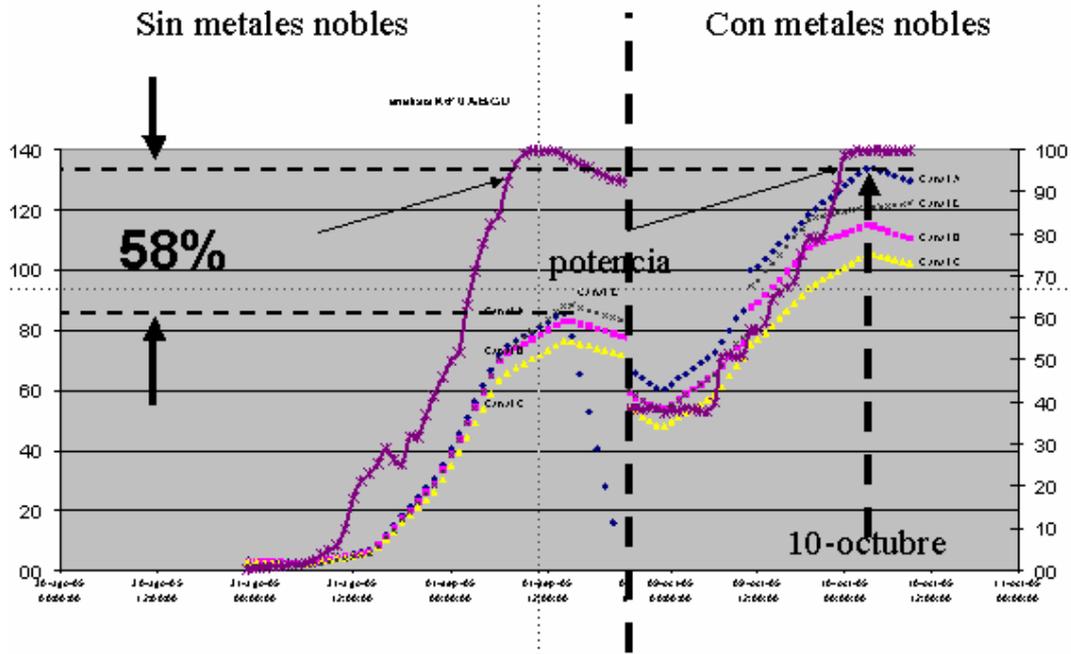
1. INTRODUCCIÓN

La química del agua de los reactores de potencia requiere de la adición de metales nobles e Hidrógeno para reducir el potencial de reacción y detener el crecimiento de la corrosión ínter granular de los metales. La adición de Hidrógeno y Metales nobles es una medida de protección a los internos de la vasija, incrementando su vida útil.



La adición de Metales Nobles al refrigerante primario, durante la parada de recarga 11 de la U1, dió como resultado un incremento en los niveles de radiación en las áreas de ruteo de las líneas de vapor. El incremento en los niveles de radiación se debe a un incremento en las concentraciones del N-16, resultado de reacciones de reducción que se presentan en los óxidos acumulados en el núcleo del reactor.

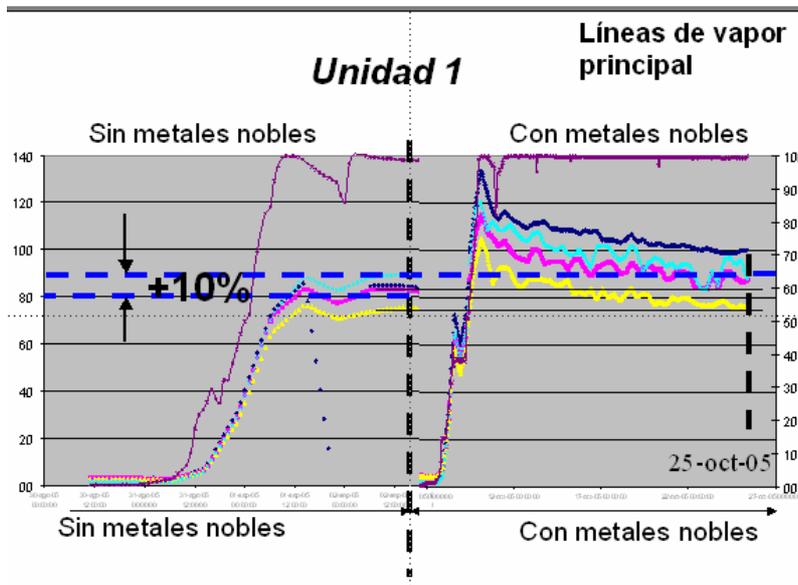
Unidad 1



Si se toma como punto de comparación la lectura de niveles de radiación en las líneas de vapor principal tenemos que se presentó un incremento del 58% con referencia al fondo que se tenía antes de la adición de metales nobles.

2. DESARROLLO

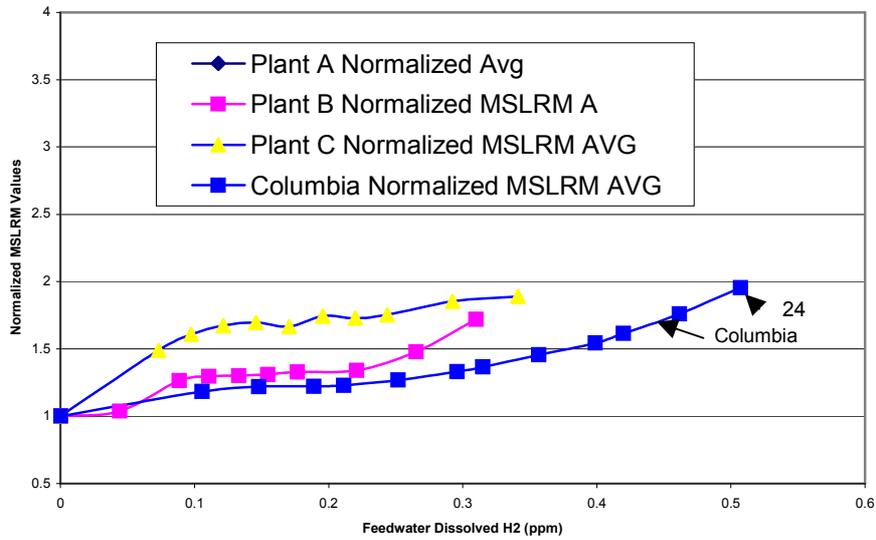
El fondo de radiación en las líneas de vapor después de 15 días del arranque quedó en un 10% sobre el nivel base (antes de adicionar metales nobles).



La experiencia operacional externa analizada muestra que cuando ocurre la adición de Hidrógeno, el incremento en los niveles de radiación depende de la química del agua de cada instalación, (adición de zinc, concentración de Fe en refrigerante, incluso secuencia en la adición). En una instalación en la que se adicionó metales nobles previo a la inyección de hidrógeno, se presentaron incrementos de 6 deltas, con referencia al incremento registrado al adicionar los metales nobles.

Si previamente a la adición de hidrógeno al refrigerante se inyectan metales nobles (Pt, Rh), la respuesta normalizada en las líneas de vapor, al ser inyectado el Hidrógeno, es como se muestra en la siguiente grafica.

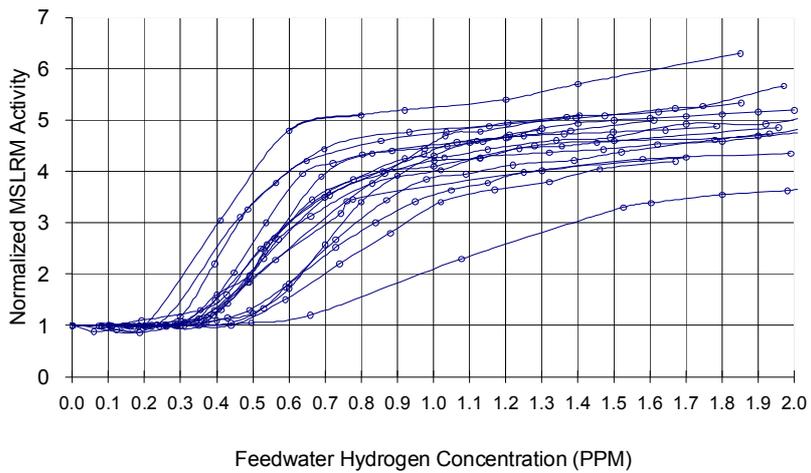
Normalized MSLRM Trends (All Noble Chem Then HWC Plants)



Respuesta normalizada de MSL vs H₂ previa inyección de Metales Nobles.

Cuando es inyectado el hidrógeno sin antes inyectar metales nobles, la respuesta normalizada en las líneas de vapor es como se muestra en la gráfica. Esta grafica está construida con datos de 19 Centrales Nucleares.

General Electric HWC
Steam Activity: HWC/NWC



Tomando como referencia el orden en que se dé la inyección de Hidrógeno en ambas unidades de la CLV:

1. Se observa que el incremento en líneas de vapor cuando se inyecta H₂ en el rango que se espera en la U1, previa adición de metales nobles, es en el orden de dos.
2. Se observa que el incremento máximo en líneas de vapor cuando se inyecta H₂, en el rango que se espera en la U2, sin adición previa de metales nobles puede alcanzar valores incluso hasta en un factor de 3.0 a 3.5

Unidad 1

Para analizar el impacto en los fondos y los puntos de ajuste de los monitores de radiación de las líneas de vapor principal, se considera el fondo del 10% resultante al adicionar los metales nobles, y un factor 2 por la adición de H₂. Este análisis se presenta en la siguientes tablas:

	Ajuste (mR/h)
1.5N(K610A)	123.9
1.5N(K610B)	115.7
1.5N(K610C)	98
1.5N(K610D)	124.7
3N	240
3.6N	288

Tabla 1.A

	N+10% (mR/h)	2*(N+10%) (mR/h)
K610A	90.86	181.72
K610B	84.84	169.68
K610C	71.86	143.72
K610D	91.44	182.88

Tabla 1.B

En la tabla 1.A, que es la referencia, se observan los ajustes en 1.5N para cada uno de los monitores, así como el valor de 3 veces el gran promedio de los monitores.

En la segunda columna de la tabla 1.B se observa el valor de fondo de referencia mas el 10%, resultante de la adición de metales nobles. La tercera columna representa el incremento esperado, en un factor dos, de los monitores cuando sea adicionado Hidrógeno al sistema primario.

Unidad 2

Para analizar el impacto en los fondos y los puntos de ajuste de los monitores de las líneas de vapor inyectando Hidrógeno inicialmente, es decir ante un cambio en la secuencia de adición respecto a como se hizo en la U1, se considera únicamente un factor 3 y 3.5. Este análisis se presenta en las siguientes tablas:

	Ajuste (mR/h)
1.5N(K610A)	160.7
1.5N(K610B)	149
1.5N(K610C)	108.9
1.5N(K610D)	138.3
3N	278.4
3.6N	334.1

Tabla 2.A

	N (mR/h)	3*(N) (mR/h)	3.5*N (mR/h)
(K610A)	107.13	321.39	374.95
(K610B)	99.33	297.9	347.65
(K610C)	72.6	217.8	254.1
(K610D)	92.2	276.6	322.7

Tabla 2.B

En la tabla 2.A que es la referencia, se observan los ajustes en 1.5N para cada uno de los monitores, así como el valor de 3 veces el gran promedio de los monitores.

En la segunda columna de la tabla 2.B se observa el valor de fondo de referencia, sin la adición de metales nobles. La tercera columna representa el incremento en el límite inferior esperado, en un factor tres, de los monitores cuando sea adicionado Hidrógeno al sistema primario, y en la cuarta columna de la misma tabla 2.B se presenta el incremento en el límite superior esperado, en un factor de 3.5, de los monitores cuando sea adicionado Hidrógeno al sistema primario.

Después de adicionar hidrógeno en ambas unidades se estima que el valor de los fondos regresará al origen en un periodo de 3 a 6 meses.

3. ANÁLISIS DE DATOS.

Unidad 1. (con Inyección previa de Metales Nobles)

1. Si se presenta el incremento al inyectar H₂ en un factor 2, se espera se registren alarmas de alta radiación en todos los monitores. (1.5N)
2. Si se presenta el incremento al inyectar H₂ en un factor 2, no se espera se registren alarmas de muy alta radiación en ninguno de los monitores, (3N)
3. Si no se registran alarmas de muy alta radiación en ninguno de los monitores, (3N), no hay señal de aislamiento.

Unidad 2. (sin adición de metales nobles)

1. Si se presenta el incremento al inyectar H₂ en un factor 3, se espera se registren alarmas de alta radiación en todos los monitores. (1.5N)
2. Si se presenta el incremento al inyectar H₂ en un factor 3, se estima se registren alarmas de muy alta radiación en los canales A y B, (3N)
3. Si se presenta el incremento al inyectar H₂ en un factor 3.5, se estima se registren alarmas de muy alta radiación en los canales A, B y D. (3N)
4. Si se registran alarmas de muy alta radiación en A y B para un factor 3, o A, B y D para un factor 3.5. se presentaría señal de Aislamiento y SCRAM, por señal del RPS.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Unidad 1

1. Inyectar H₂ en baja concentración y bajo flujo, en pasos de 6 a 8 veces menores al nivel óptimo de operación.
2. Analizar el escalamiento de alarma alta de 1.5N a 2.5N.
3. Si aplica lo anterior, analizar el desescalamiento de alarma alta de 2.5N a 1.5N. cuando la lectura de los canales así lo indiquen.

Unidad 2

4. Analizar la conveniencia de inyección de H₂ antes de metales nobles, o
5. Analizar incremento de puntos de ajuste de muy alta hasta 3.6N, o
6. Inyección de H₂ en baja concentración y flujo, en pasos de 6 a 8 veces menores al nivel óptimo de operación, ajustando alarma alta en 2.5N por canal, sin permitir la aproximación a 3N.