

Cambio de mecanismos de barras de control, una actividad de alto desempeño en la doceava recarga de la Unidad 1

H. Serrano R.

Gerencia de Centrales Nucleares

Km. 62.5, Car. 180 Cardel-Nautla, Alto Lucero, Veracruz, México

hsr98581@cfe.gob.mx

Resumen

Una de las actividades que se realizan durante la etapa de recarga de combustible en los reactores de la Central Nuclear Laguna Verde (CNLV), es el cambio de los mecanismos de las barras de control (CRDs); la importancia de dar mantenimiento a estos mecanismos de barras de control es que deben ser confiables durante la operación del reactor. La inserción de las barras de control en un tiempo de menos de 7 segundos, es el tiempo requerido para llevar a cabo un paro seguro del reactor -ya sea de manera automática o manual por la acción del operador- esta inserción de las barras de control es a través de los CRDs que las accionan completamente para insertar reactividad negativa al núcleo del reactor. En esta inserción de las barras se absorben los neutrones que mantienen la reacción de fisión auto sostenida. El material absorbedor de neutrones en las barras de control es una mezcla de boro-gadolinio. También es a través de la extracción de barras de control como se controla la reacción de fisión mediante la densidad de neutrones en el núcleo. El extraer las barras de control en forma controlada por el operador se conoce como reactividad positiva. Esta actividad, la del cambio de CRDs solamente se puede realizar en la etapa de recarga, es decir, cuando el reactor esta apagado. La complejidad de llevar a cabo el cambio de los CRDs por su complejidad en cuanto a soporte radiológico que demanda, ha llevado a que el personal involucrado adquiera una experiencia y habilidad que le ha permitido tener un alto desempeño. La importancia de tener esta experiencia y habilidad, en las siguientes generaciones, es fundamental para la CNLV, dado que se requiere contar con personal debidamente preparado, tomando en cuenta que la Seguridad es nuestra máxima prioridad. El uso de herramientas ALARA como dispositivos con extensión para mantener la distancia de la fuente es clave para optimizar la dosis del personal; también es clave las herramientas de soporte de las ultimas tecnologías como la tele dosimetría, el circuito cerrado de televisión (CCTV), los trajes de burbuja para la extracción de los CRDs por la parte inferior de la vasija; el contar con materiales mas confortables para disminuir el agotamiento y estrés térmico del personal participante. También se incluye en este trabajo una evaluación con datos de campo en cuanto a la optimización del uso de respiradores, por lo que implica su dificultad de comunicación y agotamiento durante la realización de las actividades. De acuerdo a los estándares internacionales, la duración de la etapa de recargas es de menos de 30 días – la tendencia es de alrededor de los 20 días – razón por lo que los tiempos en horas de cada actividad en recarga sean planeadas con todo detalle. Es motivo del presente trabajo mostrar como se ha llegado a obtener resultados de excelencia en una de las actividades como lo ha sido el cambio de CRDs después de 16 años de operación de la Central Laguna Verde.

1. INTRODUCCIÓN

Los mecanismos de las barras de control son los componentes que hacen la función de insertar y extraer las barras de control dentro del núcleo del reactor, con la consecuencia de inyectar reactividad positiva si la barra se extrae, o reactividad negativa si la barra se inserta. También tiene la función de llevar a un paro seguro del reactor en forma automática por la actuación de los sistemas de protección del reactor, o en forma manual por el operador.

En los reactores de agua en ebullición (BWR), como los de Laguna Verde, la ubicación de los 109 CRDs, es por la parte inferior de la vasija del reactor, donde también se encuentra parte de la instrumentación nuclear. La experiencia y recomendaciones del fabricante es que en un periodo de 5 años, al menos los 109 mecanismos deben ser reparados; los parámetros de flujo y temperatura en los mecanismos, son registrados durante la operación del reactor, para ver el correcto funcionamiento de estos.

La posición de los mecanismos en la parte inferior de la vasija da lugar a que los depósitos de crud entre los mecanismos sea común, por lo que en su retiro para llevarlos a reparación en la etapa de recarga, implique estar expuestos a niveles de radiación por la salida de agua del reactor acompañada de crud. La protección del personal mismo de Protección Radiológica y de Mantenimiento, que interviene en el cambio y reparación de los mecanismos, su traslado fuera de la contención, así como el trabajo dentro del taller de reconstrucción, demanda una preparación de servicios de Protección Radiológica y del personal, para que estas actividades concluyan dentro de lo planeado en tiempo y dosis colectiva. En la figura 1 se muestra un corte de la vasija del reactor mostrando la posición de los mecanismos de las 109 barras de control.

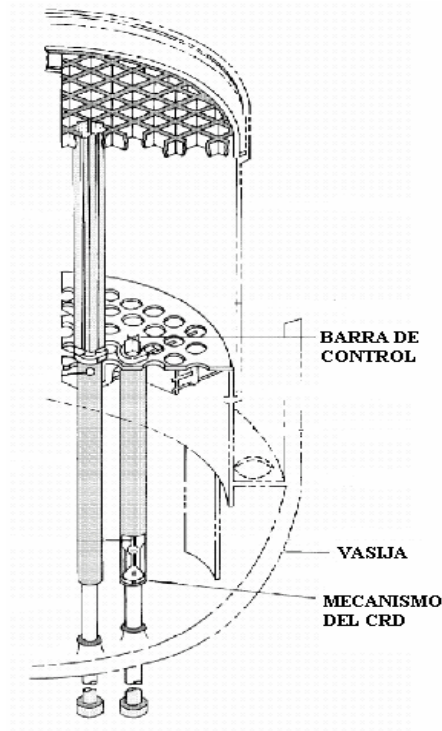


Figura 1. Localización de los CRD's en el Reactor BWR.

2. PLANEACION

En los primeros años de operación comercial de los reactores de Laguna Verde, la experiencia adquirida con el grupo de Mantenimiento Mecánico y de Protección Radiológica en cuanto a las actividades de cambio de CRDs, ha tenido una evolución.

Esta evolución ha sido principalmente en la disminución de la dosis individual y colectiva, como lo establecen los estándares regulatorios; los días de duración de recargas actualmente tienden a que sean de menos de 20 días, ya que se tiene que contar con equipo y herramienta actualizada de fácil operación, así como materiales de protección a la contaminación con mayor confort.

Las estrategias para estar dentro estos estándares, hace que la planeación de cambio de los CRDs sea con una anticipación de hasta de un año. El contar con las partes de repuesto en tiempo, la compra de mecanismos nuevos, los servicios asociados como tele dosimetría, circuito cerrado de televisión, contenedores para la disposición de filtros de desecho, ropa de protección contra la contaminación, trajes de burbuja, equipo de suministro de aire de servicio y respirable, contratación de servicios, tener el entrenamiento del personal, etc.; todo esto debe ser considerado previo a la ejecución de las actividades.

Una vez que esta comprometido lo anterior, el siguiente paso es elaborar el programa de atención al detalle donde se definen roles y responsabilidades del personal, instalaciones, planes ALARA para la optimización de dosis colectiva e individual, duración de la actividad, la no interferencia con otras actividades de recarga, la fecha de ejecución y duración de ésta. Los planes plasmados en programa son informados a la organización y aprobados. A partir de esta etapa, se genera una serie de reuniones, planes de atención al detalle, listas de verificación y servicios requeridos.

Actualmente en Laguna Verde, la realización de cambio de CRDs se hace por la noche en un tiempo planeado de 10 horas. En la doceava recarga de la unidad uno (12PRCNU1), el tiempo efectivo de cambio de CRDs fue de 4 horas.

En recarga, se llevan a cabo aproximadamente 3500 trabajos y todos ellos en un plan de menos de 30 días. En la 12PRCNU1 la meta fue de 25.7 días. La necesidad de llevar a cabo el cambio de CRDs de noche es evitar la interferencia con la continuidad de otros trabajos. Esto implica que en el siguiente turno de día, el resto de las actividades se lleven a cabo de acuerdo a lo planeado.

3. OPTIMIZACION DE LA DOSIS

Durante las primeras recargas, los estándares de Protección Radiológica mencionaban que el personal debía ser protegido de la contaminación y evitar la incorporación de material radiactivo. Esto implicaba el uso de ropa y accesorios que debía vestir el personal para la realización de sus actividades (ropa de tela, ropa de plástico y uso de equipo de protección respiratoria). Si bien el personal estaba protegido, también le hacía perder habilidad en su trabajo, con la consecuente prolongación de estar mas tiempo expuesto a las fuentes de radiación (menor movilidad, agotamiento por estrés térmico, mas personal para distribuir la dosis, generación de mas desechos, etc.).

A partir de 1993 el estándar regulatorio cambia, y aparecen términos como el equivalente de dosis efectivo total (TEDE por sus siglas en inglés).

Este concepto permite estimar la dosis recibida en forma interna y externa,; también permite evaluar el riesgo con respecto a la prescripción de ropa y accesorios de protección radiológica, la creación de nuevos materiales mas ligeros, mas cómodos, mejorando la protección contra la contaminación; también permite a partir de un análisis con datos de campo, optimizar el uso de respiradores por las limitaciones que implican usarlos (perdida de visibilidad, interferencia con la comunicación, mayor agotamiento físico, etc.).

En la tabla I se muestra la prescripción de ropa y accesorios para el cambio de los CRDs.

Tabla I. Prescripción de ropa y accesorios de protección radiológica

	cubre todo	mandil	careta facial	burbuja	tele dosímetro	anillos	dosis	rapidez dosis
Pedestal	1			si	si		1000	5000
Puerta	2	si	si				1000	5000
Maniobras	2	si	si				1000	5000
Corredor	2	si	si		si		1000	5000
Taller	2	si	si		si	si	1000	5000

Para el calculo de la fracción de la concentración derivada del aire (DAC_{frac}) y el DAC por resuspensión ($DAC_{resuspension}$), debida a la contaminación transferible sobre las superficies

TABLA PARA RESULTADOS DE ISOTÓPICO				Contaminación superficial (dpm/100 cm ²)	Contaminación superficial (mRad/h)	DAC por resuspensión $DAC_{resuspension}$
isótopo	Concentración (C) (µCi/ml)	DAC (µCi/ml)	Fracción C/DAC			
Cr-51		8E-06		700 K	7	0.3
Mn-54		3E-07		1.5 M	15	0.7
Mn-56		9E-06		3 M	30	1.4
Co-58		3E-07		...	70	3
Co-60		1E-08		...	150	7
Fe-52		1E-06		...	300	14
Fe-55		2E-06		...	700	30
Fe-59		2E-07		...	1500	70
Zn-65		1E-07		...	3000	140
				...	7000	300
				...	15000	700
				...	30000	1400

$DAC_{frac} = \frac{\sum C_i}{DAC_i}$		
---------------------------------------	--	--

NOTA:

Para el uso de esta tabla se debe tomar en cuenta el tipo de contaminación que se tiene en el área de trabajo por ejemplo: muy fina, alta actividad y fácil resuspensión como la del TIP; grasosa y que requiere valores altos para la resuspensión como la del piso de recarga y CRD; polvo fino de óxidos de sistemas como RHR, RWCU, que secándose se suspenden.

Lectura del Filtro con RM -14: _____ [CP]

Control de contaminación

	Recomendación
	Descontamina
	Humedece
	Fija **

** Se refiere a utilizar un método para fijar la contaminación, por ejemplo platicar, pintar, etc

$$DACs = DAC_{fracc} + DAC_{resuspension}$$

Donde:

$$DACs = \text{Concentración derivada en aire total (mCi/cm}^3\text{) equivalentes a 2.5 mrem/h}$$

El cálculo para determinar el uso de respiradores se realiza a través del TEDE, se indica en la siguiente ecuación:

Evaluación del TEDE sin uso de protección respiratoria.

$$TEDE \text{ (mrem)} = [H \text{ (mrem/h)} \times \text{tiempo (h)}] + [DACs \times \text{tiempo (h)} \times 2.5 \text{ (mrem/DAC-h)}]$$

Evaluación del TEDE con uso de protección respiratoria.

$$TEDE \text{ (mrem)} = [H \text{ (mrem/h)} \times \text{tiempo(h)} \times 1.3] + [[DACs \times \text{tiempo(h)} \times 2.5 \text{ (mrem/DAC-h)} \times 1.3 / FP]]$$

Donde:

H = tasa de dosis

H = horas de actividad

DAC = Concentración derivada del aire (uCi/cm³)

FP = Factor de protección del respirador

Esta evaluación requiere de datos de campo como son el nivel de contaminación transferible en el entorno del trabajo, así como la determinación de la cantidad de material radiactivo suspendido en el aire a través de una muestra del aire.

La experiencia operacional con otras centrales nucleares y la adquirida en campo, nos ha dado criterios para toma de decisiones que ayudan a que el trabajador desempeñe su trabajo de manera mas optima. El uso de dispositivos de extracción del aire con filtración de alta eficiencia, control

de la dispersión de contaminación mediante la condición húmeda en las superficies, son ejemplos de cómo evitar la suspensión de material radiactivo en el aire.

Un ambiente iluminado adecuadamente, ventilado, espacio abierto y bajo ruido, ropa de protección radiológica cómoda, favorecen a que el trabajador sea más eficiente para desarrollar su tarea. La herramienta de extracción de los CRDs consta de dispositivos de extensión con el propósito de que el personal utilice el factor distancia. El uso de blindajes adaptados a la medida de los CRDs, tanto para extraerlos como para su traslado, permite que la intensidad de la fuente de radiación disminuya.

La tele dosimetría nos permite saber en tiempo real la dosis de cada persona durante toda la duración del trabajo. La herramienta de cámaras como el CCTV permite identificar dificultades en el desarrollo del trabajo, optimizar las horas hombre de supervisión y por consecuencia la disminución de la dosis. La disposición de filtros de desecho y materiales como ropa de protección también es optimizada para minimizar la generación de desechos.

4. RESULTADOS

La dosis colectiva estimada para la realización de las actividades de cambio de CRDs fue de 0.197 Sv-P (19.7 rem-Persona); esto incluye el mantenimiento y ensamble de los 15 mecanismos. Los resultados obtenidos fueron de 0.178 Sv-P (17.801 rem-Persona) y el promedio por mecanismo retirado del pedestal fue de 0.0011 Sv-P (0.110 rem-Persona). La actividad efectiva en tiempo para el retiro de los CRDs de pedestal, fue de 4 horas (3.5 CRDs por hora en promedio). El número de bidones con filtros de CRDs de desecho fueron 3.

La puesta a punto de las herramientas, los servicios requeridos y la disponibilidad del personal principalmente, llevaron a obtener estos resultados que comparados con la 11 recarga de la Unidad 1 fueron de 0.00104 Sv-P (0.104 rem-P).

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en comparación de otras recargas han sido mejorados significativamente. En lo referente a la dosis colectiva esta ha sido optimizada.

El tiempo de realización de cambio de los CRDs, también ha sido mejorado sobre todo por las nuevas metas establecidas en duración de recargas. El tiempo designado por Planeación ha sido cumplido en forma satisfactoria, a la vez permitiendo que otros trabajos se realicen en forma simultánea.

Respecto a la experiencia en el personal, específicamente en esta actividad, hemos llegado a una madurez con un grupo de técnicos, sin embargo tomaremos la experiencia de ellos para continuar con la siguiente generación, para lo cual tomaremos esta base de aprendizaje y experiencia, encaminada a alcanzar la excelencia.

Las nuevas tecnologías de equipos y materiales en relación con el confort del trabajador para mejorar sus habilidades, serán evaluadas por la Central, y de ser aprobadas serán utilizadas en esta y otras actividades de recarga.

AGRADECIMIENTOS

A todos los colaboradores que intervinieron en la doceava recarga, especialmente a los que contribuyeron a que el cambio de CRDs en esta recarga, fuera reconocido por los Directivos de Laguna Verde como de excelente.

REFERENCIAS

1. PASGO-13 “Permiso de trabajo específico en áreas con radiación (PETAR) 07/1R1029
2. Reporte ALARA de trabajos de Doceava recarga de Unidad 1