

## PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y ESTADOS DE LA PLANTA

José Luíís Delgado

Dirección de Seguridad, Operación y Formación - Tecnatom

### PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA SEGURIDAD

La Guía de Seguridad IAEA N° NS-G-2.2 “Condiciones Límite de Operación y Procedimientos de Operación para Centrales Nucleares” en relación a la seguridad y los procedimientos de operación establece lo siguiente:

*“Para que una central nuclear sea operada de forma segura, lo especificado en el diseño (y las modificaciones que éste pudiera sufrir en el futuro) deberá quedar reflejado en ciertos límites a los parámetros operativos y en requisitos para los equipos y para el personal. Partiendo de estos límites y requisitos, la organización explotadora elaborará el conjunto de Condiciones Límite de Operación (CLO). Una contribución principal para conseguir la conformidad con las CLO la constituyen los Procedimientos de Operación, cuya elaboración y utilización será consistente con aquéllas y las considerará en su totalidad”.*

La IAEA deja de manifiesto así la relación existente entre los proce-

dimientos de operación y la seguridad nuclear y, en la misma Guía de Seguridad N° NS-G-2.2, establece los criterios y pautas generales que se han de seguir para la elaboración inicial y para la revisión continua de los procedimientos de operación.

En las centrales nucleares todas las intervenciones humanas que se realizan sobre los equipos o componentes durante su funcionamiento con el objetivo de cambiar su estado operativo, recuperarlo tras un transitorio o responder a los incidentes y accidentes que puedan suceder, se hacen siguiendo los procedimientos de operación.

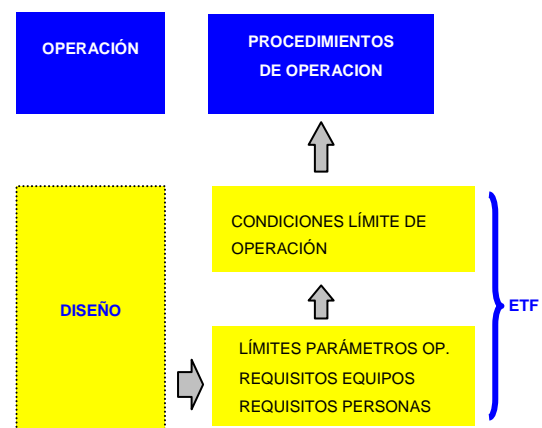


Figura 1.- Relación entre el diseño y la operación de una central nuclear

## PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y ESTADOS DE LA PLANTA

Todas las actividades relacionadas con la seguridad se deben desarrollar conforme a los procedimientos aprobados. La disponibilidad y el uso correcto de los procedimientos de operación, incluidos los procedimientos de vigilancia, son una importante contribución a la operación segura de la central nuclear. Dicha operación debe asegurarse en cualquier estado, por lo que deben existir tantas categorías de procedimientos como estados de operación de la central, pudiéndose representar según el siguiente esquema:

opera dentro de los límites y condiciones de operación, y deben suministrar las instrucciones para la operación segura en todos los modos de operación normal. Existen los siguientes tipos de procedimientos de operación normal:

### Procedimientos de operación general

Establecen las instrucciones para la ejecución de las maniobras que permitan una operación integrada de la planta. Incluyen los procedimientos de arranque, parada, operación a potencia y cambios de carga.

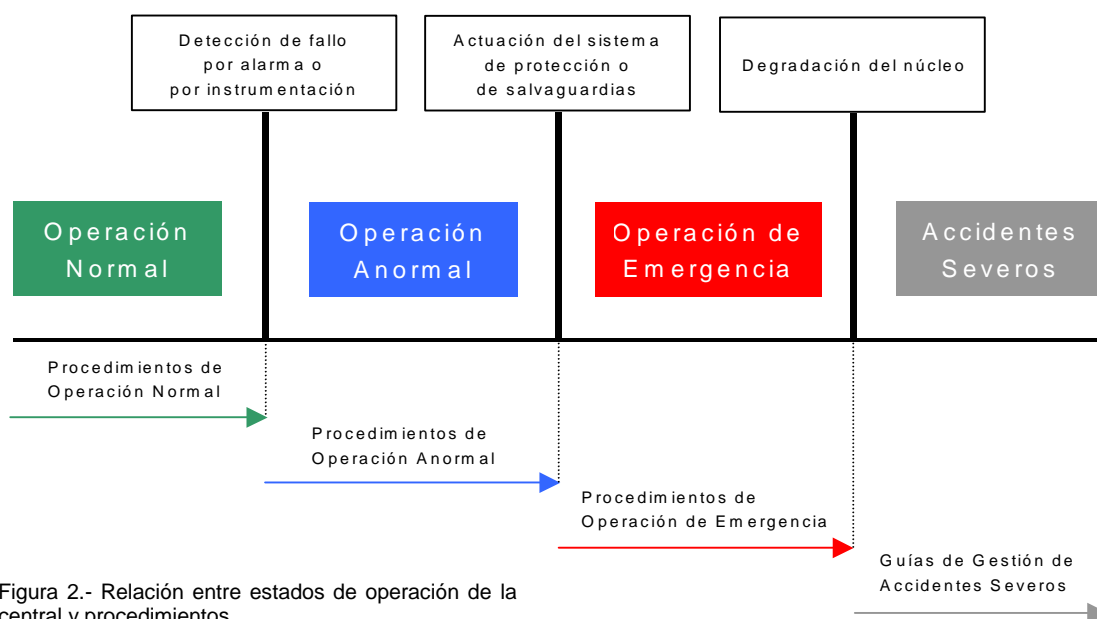


Figura 2.- Relación entre estados de operación de la central y procedimientos

Teniendo en cuenta el esquema anterior, los procedimientos de operación se clasifican de la siguiente manera:

### **Procedimientos de operación normal**

Son los procedimientos que se desarrollan para asegurar que la planta

### Procedimientos de operación de sistemas

Establecen las instrucciones para la operación de los sistemas y componentes de la planta. Incluyen apartados para la realización de maniobras como la energización, llenado, venteo, drenaje, puesta en servicio, retirada de servicio, arranque, para-

da, cambio de modo de operación, etc.

### Procedimientos de pruebas de vigilancia

Son desarrollados para asegurar que los ajustes de los sistemas de seguridad y las condiciones y límites establecidos para la operación normal se cumplen siempre. Incluyen procedimientos de monitorización, inspección, comprobación, calibración y pruebas de los sistemas y componentes relevantes para la seguridad de acuerdo con un programa de requisitos de vigilancia establecido en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF).

### Otros procedimientos

Por ejemplo, los de manejo combustible, procedimientos administrativos, manuales de operación o procedimientos de pruebas periódicas no incluidos en las ETF, completan la serie de Procedimientos de Operación Normal.

### **Procedimientos de operación anormal**

Son los procedimientos que se desarrollan para responder de forma oportuna y correcta ante desviaciones de los límites de estado estacionario, asegurando que los parámetros de planta se mantienen dentro de los límites especificados durante los transitorios operacionales esperados en los que no se produce la actuación del sistema de protección o de salvaguardias. Además de colaborar en el diagnóstico del suceso, en estos procedimientos se incluyen las instrucciones de recuperación.

Existen los siguientes tipos de procedimientos de operación anormal:

### Procedimientos de respuesta a alarmas

Su objetivo es guiar la respuesta del operador a cada una de las alarmas de forma individual, incluyendo instrucciones para tomar las acciones correctoras. Para cada alarma se identifica el origen, las posibles causas que producen su activación y las acciones automáticas y manuales a realizar.

### Procedimientos de operación de fallo

Se utilizan cuando se superan los límites de operación de componentes o equipos, que dan lugar a que se excedan los límites de operación, pero sin llegar a los límites de actuación del sistema de protección o de salvaguardias.

La entrada a estos procedimientos se realiza cuando se activa una determinada alarma o cuando se diagnostica un determinado suceso.

Los procedimientos se ordenan por sistemas, y se desarrollan para aquellos sucesos en los que la complejidad del sistema puede dar lugar a dudas en el equipo de operación, o en los que una oportuna respuesta sea importante para que no se superen los límites especificados.

### **Procedimientos de operación de emergencia**

Son los procedimientos que se desarrollan para proporcionar instrucciones de recuperación que hacen

frente a aquellos sucesos en que se produce la actuación del sistema de protección del reactor o de salvaguardias. Se incluyen los accidentes base de diseño y aquellos accidentes más allá de las bases de diseño, antes de que se produzca la degradación del núcleo.

Las centrales PWR de diseño Westinghouse, como se explica en el Volumen Ejecutivo de las Guías de Respuesta de Emergencia del Grupo de Propietarios de Westinghouse (Emergency Response Guidelines del PWROG) disponen de los siguientes tipos de procedimientos de operación de emergencia:

#### Procedimientos de recuperación óptima

Contienen una serie de acciones para el diagnóstico del suceso, así como para la recuperación, permitiendo devolver la central a su estado de operación normal o a un estado de seguridad garantizada en el que se puedan realizar las reparaciones (si éstas fuesen necesarias). Los sucesos de iniciación pueden ser fallos de sistemas o accidentes postulados (pérdida de refrigerante del reactor, pérdida de refrigerante secundario y rotura de tubos en un generador de vapor).

#### Árboles de estado de funciones críticas de seguridad

Están basados en síntomas y en total son seis Árboles de Estado que definen el estado de seguridad de la central. Se deben vigilar continuamente desde los primeros minutos del suceso, y si se detecta una amenaza extrema o severa, el operador debe abandonar el procedi-

miento de Recuperación Óptima y pasar al de Recuperación de Funciones indicado por el Árbol de Estado.

#### Procedimientos de recuperación de funciones

Proporcionan información que permite responder a las amenazas para las Funciones Críticas de Seguridad, recuperando estas funciones independientemente del desarrollo del incidente.

Los procedimientos de Recuperación Óptima y los de Recuperación de Funciones están redactados en formato a doble columna o en modo diagrama de flujo. En los formatos de doble columna, la de la izquierda se utiliza para dar instrucciones al operador y para las respuestas esperadas, mientras que la columna de la derecha se emplea para dar las acciones de contingencia a tomar en el caso de que con la condición, suceso o tarea que aparece en la columna de la izquierda no se consiga el resultado esperado. Los procedimientos redactados en modo diagrama de flujo emplean la simbología de árbol de decisión que facilita su seguimiento a los operadores durante el desarrollo de la emergencia.

Durante el desarrollo de la situación de emergencia se constituye el Centro de Apoyo Técnico (CAT) que está compuesto por expertos especializados en las diferentes disciplinas técnicas de la central nuclear y que dan soporte al equipo de operación. Para facilitar el trabajo de este grupo se han desarrollado las Guías para el Centro de Apoyo Técnico, que contienen la informa-

ción técnica y criterios de evaluación sobre las posibles consultas que el equipo de operación realice al CAT durante el seguimiento de los POE.

Para las centrales PWR de diseño Siemens-KWU la estructura inicial está basada en síntomas en forma de árboles de decisión pero existen procedimientos específicos una vez diagnosticado el accidente y adicionalmente se vigilan los objetivos de protección similar a como se vigilan los arboles de estado.

En las centrales BWR de diseño General Electric, los procedimientos de operación de emergencia están basados en síntomas y su estructura es en forma de arboles de decisión o flujograma. Los contenidos se basan en los "Emergency Procedure Guideline" del "Boiling Water Reactor Owners Group" (EPG del BWROG).

### **Guías de gestión de accidentes severos**

Son las guías suministradas para accidentes más allá de las bases de diseño en los que se produciría degradación del núcleo, y tienen como objetivo evitar el fallo de la contención. Los fenómenos físicos implicados en este tipo de accidentes podrían originar fusión del núcleo con fallo de la vasija.

Las Guías de Gestión de Accidentes Severos (GGAS) contienen acciones basadas en síntomas y marcan las pautas de actuación al operador en el caso de que se produjese la fusión del núcleo.

La entrada a las GGAS se realiza desde ciertos procedimientos de operación de emergencia, no volviendo a dichos procedimientos mientras dure el accidente severo. La gestión del accidente severo y, por tanto, la ubicación de las guías están, básicamente, en el Centro de Apoyo Técnico (CAT) de la emergencia.

Las GGAS están escritas en un entorno de ingeniería definiendo claramente la interfase entre Sala de Control y CAT en el seguimiento de la emergencia. Presentan una serie de diagnósticos y acciones priorizadas, incluyendo métodos alternativos para determinar la instrumentación a utilizar en un escenario degradado.

Las GGAS permiten el diagnóstico anticipado de los riesgos a la contención identificados en el Análisis Probabilista de Seguridad, Nivel 2, de cada central.

### **Guías de Mitigación Accidente con Daño Extenso.**

Después de los ataques terroristas del 11 de septiembre de 2001, en Estados Unidos se plantea la necesidad de analizar un nuevo tipo de accidentes, son los accidentes con daño extenso, provocados por fuertes impactos naturales o actos malévolos que pueden afectar, no sólo a los equipos, sino también a la capacidad de los operadores de vigilar las condiciones de la planta y problemas de accesibilidad a los equipos. Tras el accidente en la central de Fukushima en el resto del mundo también se plantea la necesidad de analizar este tipo de acci-

dentos y de disponer de guías para su mitigación.

### Procedimientos y plan de emergencia

Paralelamente a la ejecución de los procedimientos de operación y guías de accidentes severos descritos en los apartados anteriores, la Organización de la Central dispone del Plan de Emergencia Interior. Este Plan de Emergencia Interior es un documento preceptivo para la explotación de la Central, y su objetivo es establecer la Organización y los medios para minimizar, en todo lo posible, los efectos de los accidentes sobre las instalaciones, sobre el personal de la central y sobre el público en general.

El Plan de Emergencia Interior clasifica los sucesos iniciadores en Categorías en función del nivel de degradación en la seguridad de la Planta y/o de la actividad liberada o

que se pueda liberar al exterior (dosis al público). Dependiendo de la categoría, se activa la Organización y las líneas de actuación necesarias para mitigar la situación.

El Plan de Emergencia Interior se complementa con el Plan de Emergencia Exterior de la provincia constituyendo el Plan de Emergencia Integrado de la Central.

El Plan de Emergencia Exterior clasifica la emergencia en Situaciones en función de las dosis en el exterior de la Central, estableciendo medidas de protección para la población (confinamiento, evacuación del personal, profilaxis, control de alimentos y agua) con el fin de que dichas dosis puedan evitarse y no sean recibidas por el público.

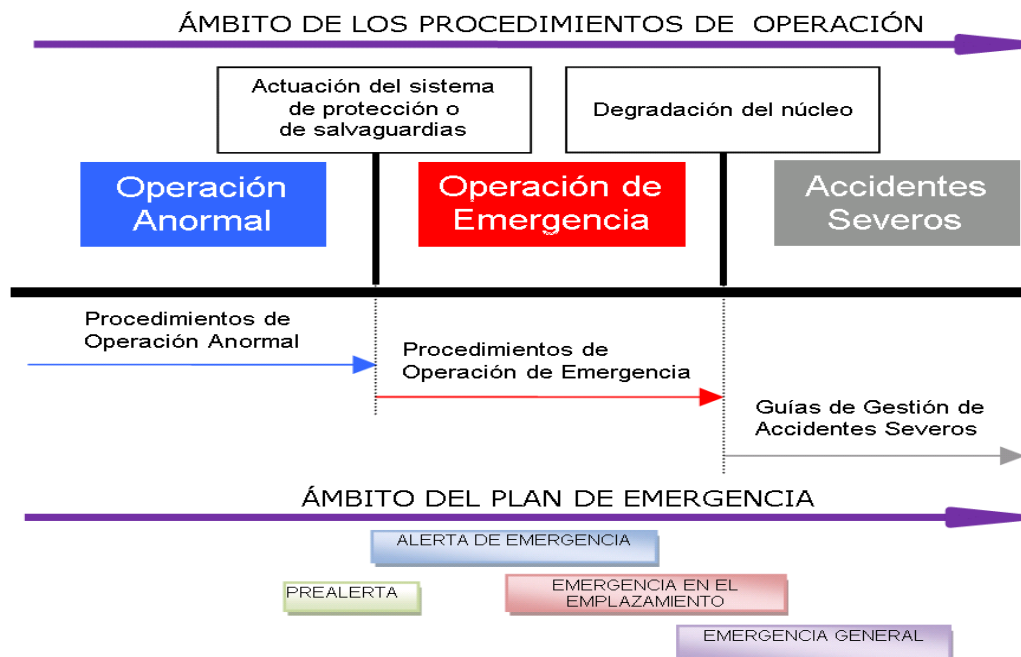


Figura 3.- Relación entre los procedimientos de operación y los planes de emergencia

Plan de Emergencia Interior		INTERFASE	Plan de Emergencia Exterior	
CLASE	CATEGORIA	DOSIS AL EXTERIOR EN 48H (mSv)	SITUACION	MEDIDAS URGENTES PRINCIPALES
Prealerta	I	-----	0	Ninguna
Alerta de Emergencia	II	$D_{efectiva} < 5$ $D_{tiroides} < 50$	1	Control de accesos
Emergencia en el Emplazamiento	III	$5 < D_{efectiva} < 10$ $50 < D_{tiroides} < 100$		
Emergencia General	IV	$D_{efectiva} \geq 10$ ó $D_{tiroides} \geq 100$	2	Control de accesos Confinamiento Profilaxis radiológica
		$D_{efectiva} \geq 50$ (en menos de una semana)	3	Control de accesos Profilaxis radiológica Evacuación

En la tabla anterior se presenta la interfase entre el Plan de Emergencia Interior y el Exterior, con las Categorías, niveles de dosis, Situaciones y medidas de protección a tomar para cada Situación.

## GENERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS PROCEDIMIENTOS Y GUÍAS DE OPERACIÓN

Las centrales nucleares españolas emplean una metodología para la generación y el mantenimiento de los procedimientos de operación cuyas principales etapas se pueden representar según el siguiente esquema:

### Elaboración inicial

Para la elaboración inicial de un conjunto de procedimientos es necesario aplicar un proceso planificado y sistemático que contiene las siguientes fases:

#### Análisis

Durante esta fase se analiza y prepara la documentación que permite proceder a la elaboración de los nuevos procedimientos. Los docu

mentos más importantes utilizados como referencia son:

- Documentos que contienen los objetivos y suposiciones de diseño.
- Guías de operación de sistemas y componentes de los suministradores principales. Manuales de los fabricantes
- Documentos de licenciamiento.
- Procedimientos de otras plantas de diseño similar.
- Normas de redacción de procedimientos.

Esta fase de análisis de la documentación de referencia normalmente será realizada por el mismo grupo de operación encargado de la redacción.

#### Redacción

Durante el proceso de redacción el equipo de operación debe asegurarse de que los procedimientos son coherentes con los informes finales de seguridad, las condiciones límite de operación y cualquier otro requisito del organismo regulador. Además tendrá en cuenta lo siguiente:

- Identificación clara de las condiciones de entrada y salida del procedimiento.
- Adecuadas conexiones entre los procedimientos para evitar olvidos y duplicaciones.
- Presentación a los operadores de las maniobras de acuerdo con la buena práctica en relación con factores humanos incluyendo un objetivo claramente y se deberán utilizar, cuando sea posible, diagramas de bloques, esquemas u otras ayudas al operador.
- Explicación escrita de las bases del procedimiento para ayudar en su utilización y futura revisión.

### Verificación

La verificación es una evaluación que se realiza para confirmar que se han incorporado en la redacción todas las normas que permitan establecer que se cumplen los siguientes criterios:

- Precisión técnica especialmente en aquellos aspectos relacionados con la seguridad. En concreto se comprobará que todos los equipos y sus estados que se asumen en el Estudio Final de Seguridad se requieren operables o coinciden en su estado. Esta evaluación se realiza por un grupo de operación tan cualificado, al menos, como el equipo redactor.
- Criterios formales y editoriales establecidos en el Manual de Metodología del Escritor.

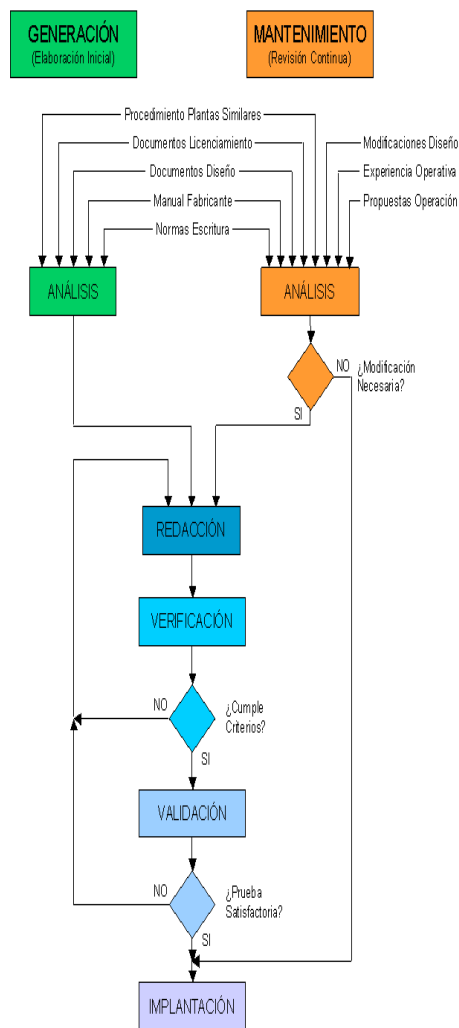


Figura 4.- Proceso para generación y mantenimiento de procedimientos

### Validación

La validación es una evaluación que se realiza para determinar que las acciones especificadas en los procedimientos pueden ser ejecutadas por el operador, a fin de conseguir el objetivo para el que han sido diseñadas. Para los procedimientos de operación normal, el método preferido es aplicarlo durante la operación real de cada sistema, si no es posible se probará con el funcionamiento simulado, aunque en este último caso se debe hacer una validación final durante la operación



real del sistema. Para el resto de los procedimientos no es posible hacer una validación durante la operación real del sistema, los métodos utilizados son: a través de una mesa de expertos, mediante recorrido visual, o con la realización de una prueba en el simulador. Esta validación debe ser realizada, siempre que sea posible, por equipos diferentes a los que han participado en las fases de redacción y verificación.

### Implantación

Una vez superada la prueba de validación, el procedimiento formará parte del Manual de Operación de la Central y las relaciones entre éste y los ya existentes configurarán la “red estructural de procedimientos”. Con el fin de garantizar una coherencia, se deben revisar los procedimientos del Manual de Operación ya existentes y que tengan alguna relación con el procedimiento desarrollado.

Una vez verificada esta coherencia, el procedimiento pasa a ser implantado para lo cual se realiza lo siguiente:

- Aprobación y emisión del procedimiento por el Director de Central.
- Entrada del procedimiento en el Sistema de Gestión Documental.
- Distribución de acuerdo con los Procedimientos Administrativos de la central y puesta a disposición de Sala de Control para su utilización.

El programa de entrenamiento, consiste en sesiones lectivas en las que se repasa la estructura y contenido técnico de los procedimientos y se-

siones de simulador en la que se practica su uso. Este entrenamiento normalmente se realiza como paso previo a la aprobación del procedimiento, e incluso en ocasiones durante la fase de validación del procedimiento.

### **Revisión continua**

El proceso de revisión continua de un procedimiento se inicia de forma periódica o cuando se considere necesario a la vista de los siguientes aspectos:

- Modificaciones de Diseño implantadas en la Central.
- Experiencia Operativa propia o ajena.
- Comentarios o Propuestas de Mejora emitidos por el personal de operación.

Cualquier modificación a los procedimientos, en el entorno de la revisión continua, debe ser realizada siguiendo el mismo esquema que para la elaboración inicial del procedimiento.