



CU9700440

INIS-CU - - 0013

Evaluation of nuclear accidents consequences. Risk assessment methodologies, current status and applications.

Rodríguez Rodríguez, J.M.*
INEL Empresa de Ingeniería para la Electricidad
UNE-MINBAS, Cuba

Abstract

General description of the structure and process of the probabilistic methods of assessment the external consequences in the event of nuclear accidents is presented. Attention is paid in the interface with PSA level 3 results (source term evaluation).

Also are described key issues in accident consequence evaluation as: effects evaluated (early and late health effects and economic effects due to countermeasures), presentation of accident consequence results, computer codes. Briefly are presented some relevant areas for the applications of Accident Consequence Evaluation.

*Currently the author is with:

National Centre of Nuclear Safety (CNSN)

Calle 28 No.504 e/ 5ta. y 7ma., Playa, Ciudad de la Habana 11300, Cuba

Telf : 53(7) 227051

Fax : +53 (7) 331188

Email : cnsn@ceniai.cu

EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS DE ACCIDENTES NUCLEARES. MÉTODOS DE ANÁLISIS PROBABILISTA DE RIESGO, ESTADO ACTUAL Y APLICACIONES.

**Rodríguez Rodríguez J.M.
INEL Empresa de Ingeniería para la Electricidad
UNE-MINBAS, Cuba**

Fuentes fundamentales de riesgo al público producto de la operación de una instalación nuclear:

- la exposición a las radiaciones debida a la descarga de los efluentes radiactivos durante la operación normal,**
- la exposición a las radiaciones debida a los accidentes potenciales que puedan resultar en liberaciones de material radiactivo al medio ambiente.**

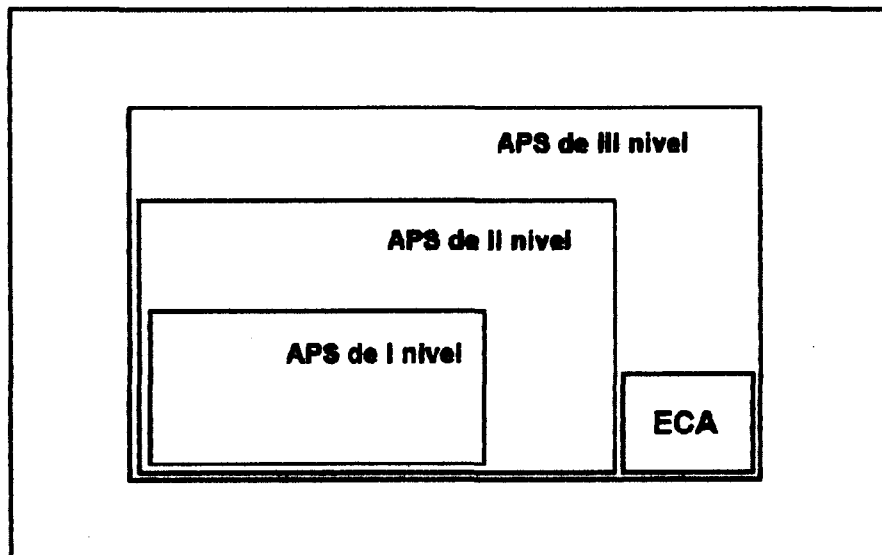
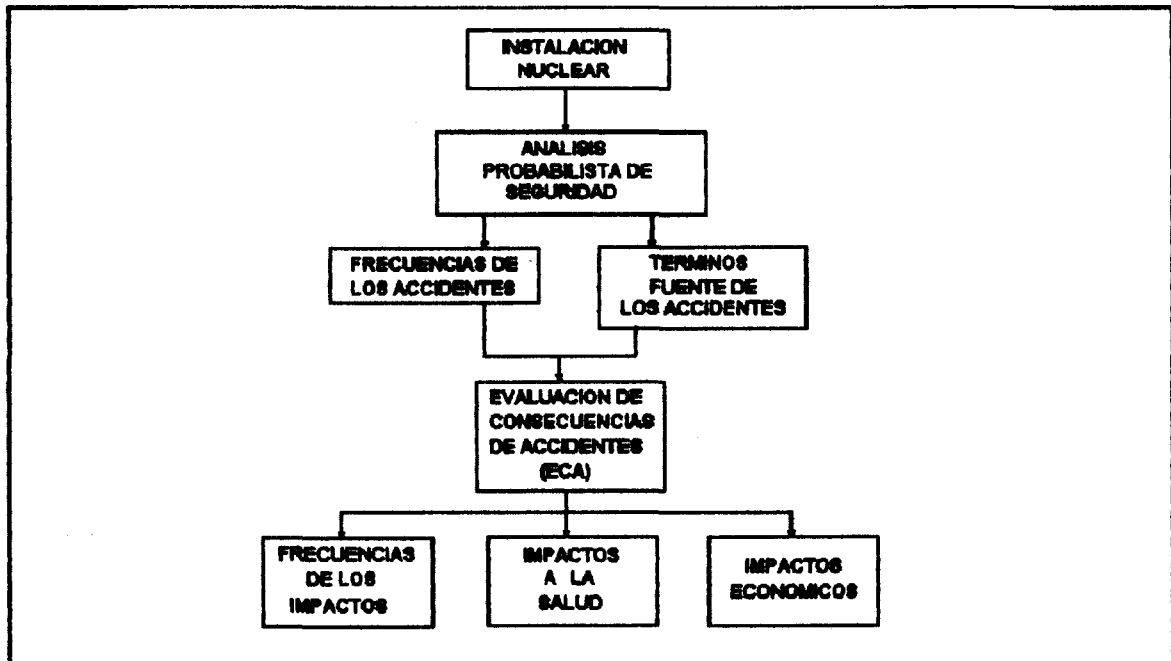
Contrastando con las descargas de los efluentes durante la operación normal, los cuales ocurren de una manera controlada y mas ó menos continuamente durante el tiempo de vida operacional de la instalación, la ocurrencia de los accidentes no puede ser predeterminada, sino solamente predecirse sobre una base probabilista.

Las consecuencias de una liberación postulada de material radiactivo varían considerablemente con el cambio de las condiciones en el tiempo, en particular con las condiciones meteorológicas que predominan, la estación del año, la ubicación y los hábitos de la población, etc.

Para una liberación dada habrá un espectro de posibles consecuencias, cada una teniendo diferentes probabilidades de ocurrencia determinadas por las características ambientales del emplazamiento y sus alrededores.

Los APR pueden ser categorizados en dos disciplinas principales: el Análisis Probabilista de Seguridad (APS) de la planta ó instalación y la Evaluación de Consecuencias de Accidentes (ECA).

ESTRUCTURA GENERAL E INTERFASES DE UN APR.



Términos-fuente de los accidentes y sus frecuencias.

Valoración muy detallada (hasta el APS de II nivel) para obtener los estimados de las frecuencias con las que pueden ocurrir diferentes accidentes y sus resultados primarios en concepto de cantidad y forma del material radiactivo que puede ser liberado al medio ambiente.

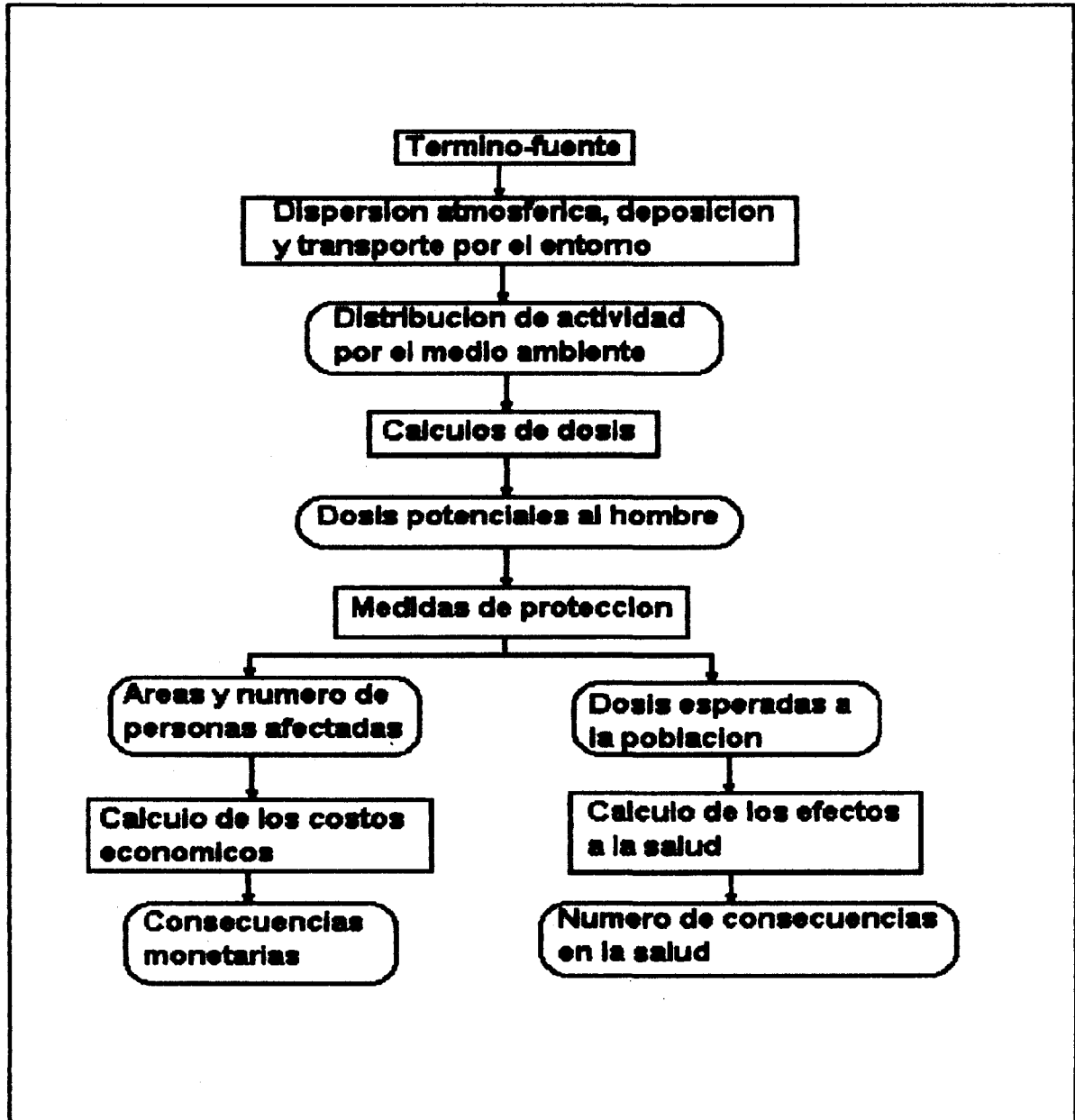
El número de secuencias accidentales que se analizan es generalmente muy grande.

Práctica común es agrupar aquellas secuencias accidentales que puedan conllevar a similares consecuencias, para formar un número relativamente pequeño de "categorías" y asignar a cada categoría un término-fuente representativo.

El resultado del APS (hasta II nivel) de la instalación es un número de categorías de accidentes, cada una de ellas con una frecuencia de ocurrencia y un término-fuente.

El término-fuente contiene, la cantidad y forma (físicas y químicas) de cada radionúclido en su liberación al medio ambiente, la localización de la liberación en el complejo de edificaciones de la instalación, el tiempo en que esta liberación ocurre, su comportamiento temporal, contenido energético, etc.

Esquema estructural de Evaluación de las consecuencias de los accidentes.



Evaluación de las consecuencias de los accidentes.

Categorías fundamentales de las consecuencias que resultan de una liberación accidental, evaluadas en un ECA:

Efectos sobre la salud de la población expuesta y su descendencia (términos de su severidad y magnitud de afectados).

Impacto de las medidas de protección (variadas restricciones que pueden ser impuestas al acceso ó utilización de las tierras ó propiedades) que pueden ser tomadas para reducir las exposiciones y por lo tanto las implicaciones en la salud de la población.

Para valorar todo el espectro de consecuencias para una liberación dada se utiliza una muestra representativa de las condiciones meteorológicas.

Categorías principales de efectos a la salud que deben ser considerados: "efectos tempranos" y "efectos tardíos"

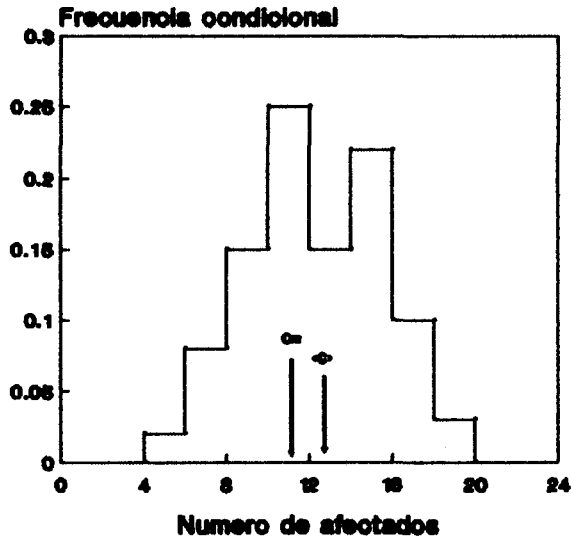
Efectos tempranos (Ej: muerte, vómitos, cataratas, esterilidad, etc.)

Solo ocurren si se exceden umbrales de dosis relativamente altos y ellos pueden aparecer en días, semanas ó meses con posterioridad a la exposición. Estos efectos incluyen la muerte y otras variadas formas de daños a la salud, las cuales pueden ser temporales ó permanentes

Efectos tardíos (Ej:cánceres fatales y no fatales en la población expuesta y los efectos hereditarios en su descendencia).

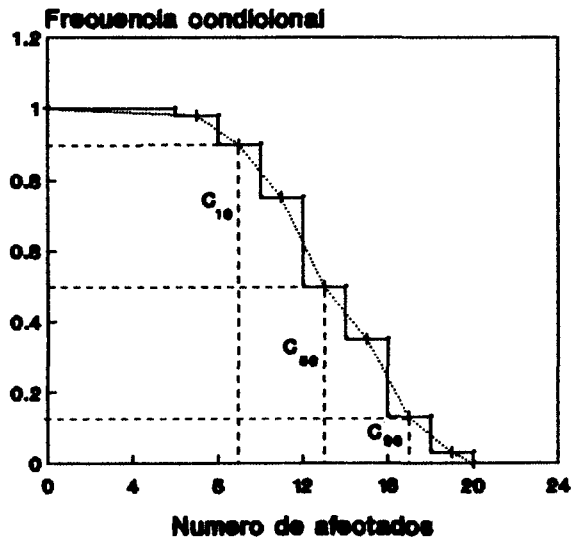
Se toman en cuenta todas las exposiciones sean altas ó bajas. Los efectos tardíos no se manifiestan inmediatamente, existe un retardo ó período de latencia, durante el cual los individuos no experimentan daños. Después de este período de latencia, la aparición del número total de los efectos en la población puede tener lugar en períodos hasta de decenas de años.

Distribucion de frecuencias de clases



Ejemplo de histograma de frecuencias de clases a partir de los datos de la tabla CFD

Distribucion de frecuencias acumulativa complementaria



Ejemplo de distribución de frecuencias acumulativa complementaria a partir de los datos de la Tabla CFD

Medidas de protección que afectan a la población y que pueden ser tomadas:

Fase temprana de una liberación accidental : los refugios, la evacuación, protección de las vías respiratorias y la administración de tabletas de yodo estable.

Fase intermedia y de largo plazo de una liberación accidental: relocalización por distintos períodos, restricción de la producción y consumo de alimentos contaminados y/o medidas remediales tales como la descontaminación.

No puede realizarse un estimado "a priori" de de las consecuencias de una liberación accidental postulada, debido a:

Significativa influencia de las condiciones ambientales en las consecuencias de un accidente,
Imposibilidad de conocerlas de antemano.

Para valorar el riesgo inevitable de accidentes que resulta de la operación de una instalación nuclear, **las consecuencias de los accidentes deben ser evaluadas probabilísticamente.**

Esta metodología (completamente diferente de las utilizadas en las evaluaciones que se realizan durante la operación normal), enlaza cada conjunto de potenciales consecuencias con una frecuencia asociada de ocurrencia. Esta frecuencia de ocurrencia estará dada por la probabilidad de una particular combinación de condiciones ambientales.

Generalmente en la evaluación de las distribuciones de probabilidad de consecuencias se incluyen casi exclusivamente los parámetros que describen la dispersión atmosférica y la deposición en el terreno.

El objetivo es evaluar las consecuencias para un conjunto representativo de condiciones seleccionado de tal modo que el espectro de consecuencias y sus probabilidades de ocurrencia pronosticadas puedan ser evaluadas con la precisión adecuada.

Procedimiento para estimar las distribuciones de probabilidad de las consecuencias.

Evaluación determinística de las consecuencias de la liberación en cada conjunto representativo de condiciones, para los cuales la probabilidad es conocida.

A partir de la base de datos generada, la cual comprende muchos estimados de consecuencias, cada una con una probabilidad asignada, se construyen las distribuciones de probabilidad de consecuencias.

INCERTIDUMBRES

Se adopta cierto grado de uniformidad en la selección del nivel de complejidad de cada uno de los módulos para un modelo de ECA. dado que hay poco beneficio en reducir las incertidumbres en determinado módulo, cuando la incertidumbre general de las consecuencias esta dominada por las incertidumbres en los demás módulos.

En algunas áreas existen pocas posibilidades para la reducción de las incertidumbres.

Por ejemplo, en los modelos para evaluación de los efectos a la salud pueden esperarse solo pequeñas mejoras y de modo similar la modelación de las medidas de protección a largo plazo después de un accidente puede ser solo especulativa, dado que estas dependerán en mucho del comportamiento de las condiciones sociales, políticas y económicas en el tiempo.

CÓDIGOS DE COMPUTADORA PARA LA EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS DE ACCIDENTES ECA.

Códigos de computadora para ECA que han encontrado mayor aplicación y difusión son:

CRAC (EE.UU.)
CRAC2 (EE.UU.)
UFOMOD (Alemania)
MARC (Reino Unido)
MACCS (EE.UU.)
COSYMA (Comunidad Europea)

En general estos códigos poseen una estructura similar, pero difieren en los detalles a nivel de submodelos.

Las diferencias tienen distintos orígenes, de los cuales los más importantes son:

- el momento en que los códigos fueron desarrollados y la extensión en que incorporaron los mas recientes avances en el tema,
- las aplicaciones a las que estaban dirigidos, lo cual influenció en el grado de sofisticación de los modelos utilizados,
- las diferentes interpretaciones de los mismos datos básicos cuando se construye un modelo particular.

La intercomparación de códigos ha jugado un papel muy importante en la obtención de una medida de la garantía de calidad en las técnicas utilizadas, dado que la validación de de un código completo de ECA no es posible, a pesar de que a nivel de submodelo puede ser posible en diferentes alcances.

APLICACIONES DE LOS ESTUDIOS DE CONSECUENCIAS DE ACCIDENTES ECA.

Las ECA y los códigos asociados han encontrado amplia aplicación en distintas áreas de la seguridad nuclear, incluyendo:

Evaluaciones de seguridad y de riesgo de instalaciones nucleares,

como NUREG-1150 (sucesor del US Reactor Safety Study WASH-1400), el German Risk Study, el APS de Sizewell y otros casos.

Procedimientos regulatorios y de licenciamiento

como herramientas en la asignación de prioridades para la implementación de acciones de licenciamiento pendientes en plantas, para recomendar la eliminación de algunos de estos planteamientos, que hayan sido valorados como insignificantes en términos de sus contribuciones a la seguridad y al riesgo.

Valoración de las ventajas y desventajas de diferentes variantes de diseño

evaluar la reducción del riesgo potencial de posibles modificaciones del diseño de una planta, ej:

- emplazamiento del reactor (ej: superficial ó subterráneo),
- diseños alternativos de la contención (ej: volumen incrementado, venteo filtrado, dobles paredes, etc),
- inclusión de dispositivos de retención del núcleo,
- sistemas adicionales ó alternativos para la remoción del calor del núcleo ó de la contención.

evaluación de los costos y beneficios de las propuestas de nuevas soluciones en materia de seguridad, diseñadas para reducir la probabilidad ó las consecuencias de accidentes severos.

Valoración de metas de seguridad

limitación de los riesgos de mortalidad para los individuos y para la sociedad en su conjunto, elaboración de lineamientos cuantitativos para la limitación de los riesgos de muertes tempranas y tardías, debidas a las centrales nucleares, a una pequeña fracción del riesgo resultante de todas las otras fuentes.

Valoración de emplazamientos

generar "criterios de selección" que provean de lineamientos cuantitativos con miras a limitar el impacto de un accidente potencial.

Planeamiento de emergencias

desarrollar las estrategias más adecuadas para su aplicación general ó para tipos específicos de accidentes ó de condiciones meteorológicas

realizar estimados de las facilidades y otros aseguramientos logísticos que serían necesarios para casos de accidentes y los planes para estas facilidades ó instalaciones de emergencia.

Asignación de de prioridades de investigación y desarrollo.

identificación de las secuencias accidentales causantes de las mayores contribuciones al riesgo,

determinar los puntos débiles en los sistemas activos y pasivos de seguridad de una central ó instalación nuclear.

estimación de los costos asociados con las actividades de I+D necesarias para desarrollar soluciones mejoradas en materia de seguridad para una reducción esperable del riesgo, logrando decisiones positivas ó negativas respecto a seguir una línea específica de investigación.

Applications of probabilistic accident consequence evaluation in Cuba.

Rodríguez Rodríguez, J.M.*
INEL Empresa de Ingeniería para la Electricidad
UNE-MINBAS, Cuba

Abstract

Are presented the approaches and results of the application of Accident Consequence Evaluation methodologies in on emergency planning in the Juragua Nuclear Power Plant site and a populational evaluation of a planned NPP site in the east of the country.

Findings on populational sector weighing and assessment of efectiveness of primary countermeasures in the event of severe accidents (SST1 and PWR4 source terms) in Juragua NPP site are discussed.

Results on comparative risk-based evaluation of the populational predicted evolution (in 3 temporal horizons: base year, 2005 year and 2050 year) for the planned site are described. Evaluation also included sector-risk weighing, risk importance of small towns in the nearby of the site and the effects on risk of populational "freezing" and relocation of these villages.

*Currently the author is with:

National Centre of Nuclear Safety (CNSN)

Calle 28 No.504 e/ 5ta. y 7ma., Playa, Ciudad de la Habana 11300, Cuba

Telf : 53(7) 227051

Fax : +53 (7) 331188

Email : cnsn@ceniai.cu