



Metodología para Evaluar Opciones de Reactores Nucleares de Potencia para México

Ricardo Reyes, Cecilia Martín del Campo

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

Laboratorio de Análisis en Ingeniería de Reactores Nucleares

*Latin American Section of the American Nuclear Society
2006 Annual Symposium. Buenos Aires, Argentina, June 25-29, 2006*

Objetivo

Desarrollar una metodología para la evaluación y comparación de opciones de reactores nucleares que se pudieran instalar en México alrededor del año 2015.

Alcance

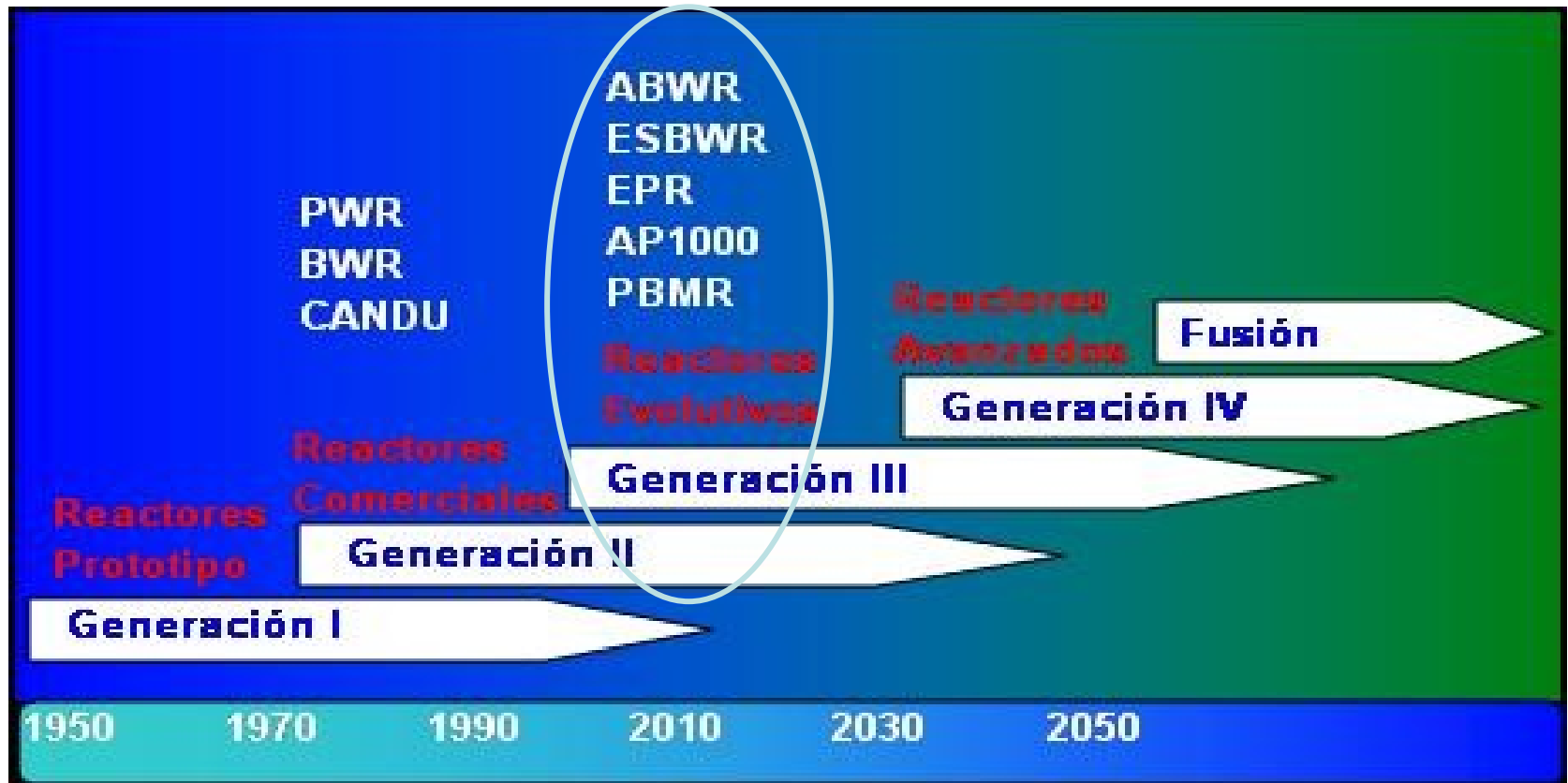
Aplicar la metodología a la comparación de algunos reactores utilizando información NO OFICIAL obtenida de documentos en la Internet.

Los resultados que se van a mostrar no tienen ninguna validez, deberán ser recalculados con la información proporcionada por los proveedores.

Introducción

- México tiene una central nuclear con 2 reactores BWR (1990,1995)
- En la planeación de instalación de nueva capacidad eléctrica, hasta el 2014, no hay nucleares.
- Sin embargo, muy recientemente se ha decidido que será muy conveniente instalar una planta nuclear para el 2015.
- México no ha desarrollado tecnología nuclear propia por lo que tendrá que comprarlo.
- Entre las opciones que existen deberá seleccionar el más adecuado para el desarrollo sustentable de México.

Evolución de Reactores



- 263 PWRs, 236 GWe (EU, Francia, Japón, Rusia)
- 90 BWRs, 79 GWe (EU, Japón, Suecia)
- 38 Candu, 19 GWe (Canadá, India, Corea)

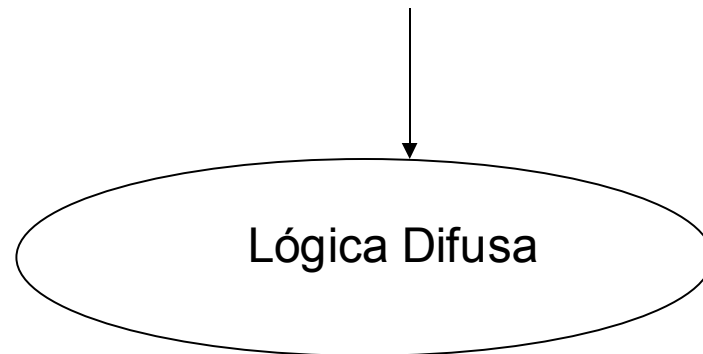
- 26 AGR y Magnox, 11GWe (Reino Unido)
- 17 RBMK, 13 GWe (Rusia)
- 3 ABWRs, 4 GWe (Japón)
- 1 EPR en construcción (Finlandia)
- ~15 diseños Gen-III

Reactores seleccionados

- ABWR (Advanced Boiling Water Reactor)
- ESBWR (Economic Simplified Boiling Water Reactor)
- EPR (European Pressurized Reactor)
- AP1000 (Advanced Pressurized Water Reactor 1000)

Metodología

- 1) Definir los indicadores de evaluación
- 2) Construir la matriz de indicadores
- 3) Aplicar un método de agregación



Lógica Difusa

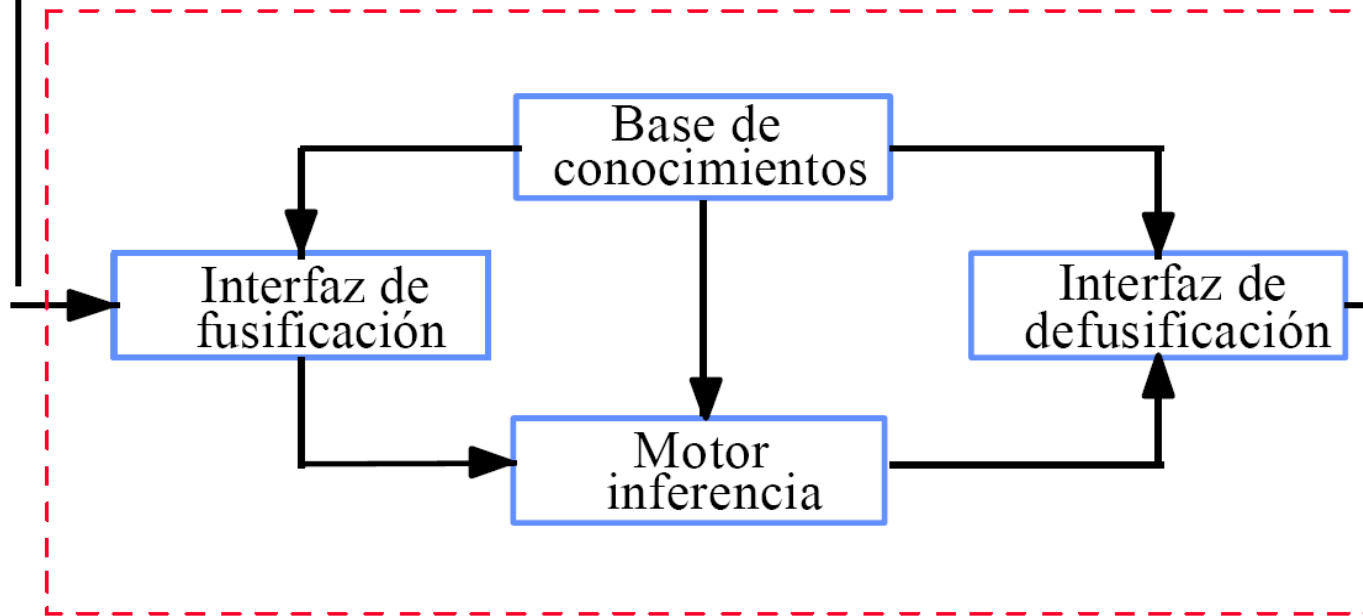
- Es un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas del lenguaje natural a un lenguaje matemático formal, produciendo resultados exactos a partir de datos imprecisos.
- La LD es una rama de la inteligencia artificial que se funda en el concepto "todo es cuestión de grado".
- Está relacionada y fundamentada en la teoría de los conjuntos difusos y en un sistema de inferencia difuso basado en una regla de la forma:

"Si <condición> Entonces <consecuencia>"

los valores lingüísticos de la condición y de la consecuencia están definidos por conjuntos difusos.

- El grado de pertenencia de un elemento a un conjunto está determinado por una función de pertenencia, que puede tomar todos los valores reales en $[0,1]$.

Matriz de Indicadores



Calificación

Nombre del indicador
Potencia (MWe)
Eficiencia (%)
Factor de Disponibilidad (%)
Tiempo de construcción (Meses)
Vida útil (años)
Madurez
Experiencia en México
Generación de empleos
Costo de Inversión (\$/MWh)
Costo de O&M (\$/MWh)
Costo de Combustible (\$/MWh)
Enriquecimiento (%)
Quemado del combustible (GWd/T)
Frecuencia de daño al núcleo (valor/año)
Frecuencia de grandes liberaciones tempranas (valor/año)
Diseño sísmico (g)
Eventos externos(Huracanes, ataque aéreo)
Dosis a trabajadores (man Sv/Año)
Emisiones al aire(GBq/GW·año)
Cantidad de residuos radiactivos



Matriz de indicadores

Nombre del indicador	ABWR	ESBWR	EPR	AP-1000
Potencia (MWe)	1356	1390	1600	1117
Eficiencia (%)	34,5	35	36	33
Factor de Disponibilidad (%)	87	92	92	90
Tiempo de construcción (Meses)	50	46	60	42
Vida útil (años)	60	60	60	60
Madurez	1	0,5	0,7	0,6
Experiencia en México	1	1	0	0
Generación de empleos	444	444	441	441
Costo de Inversión (\$/MWh)	30,52	25,97	35,90	27,93
Costo de O&M (\$/MWh)	6,7	6,8	6,4	8,2
Costo de Combustible (\$/MWh)	5	5	5,6	5
Enriquecimiento (%)	3,95	4,2	5	4,95
Quemado de combustible (GWd/MT)	46,5	50	70	60
Frecuencia de daño al núcleo (valor/año)	$2 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$	$3,61 \cdot 10^{-7}$
Frecuencia grandes liberaciones tempranas (valor/año)	$2 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-8}$	$8,4 \cdot 10^{-8}$	$1,95 \cdot 10^{-8}$
Diseño sísmico (g)	0,3	0,25	0,3	0,5
Eventos externos(Huracanes, ataque aéreo)	0,75	0,75	1	1
Dosis a trabajadores (man Sv/Año)	1	1	0,4	0,8
Emisiones al aire(GBq/GW·año)				
Cantidad de residuos radiactivos				

Comentarios y conclusiones

- Es fácil construir el sistema de inferencia difusa con Matlab.
- No se obtuvieron todos los valores para los indicadores.
- Los resultados preliminares son muy cercanos para los 4 reactores.
- No se presentan resultados hasta obtener valores proporcionados por los proveedores.

Muchas gracias por su atención