R.Solanilla. Un acuerdo político para asegurarse el cumplimiento de un plan nuclear por varias décadas. Fin año 2010

Un acuerdo político sobre un tema energético: La energía nuclear en el país.

R. Solanilla roberto solanilla

La energía nuclear es una fuente de producción de electricidad que ya tiene una existencia a nivel comercial de varias décadas y una historia que se muestra en la figura del anexo 2 de este informe. Y que continúa con políticas de mejoras para convertirse en una fuente aun más confiable de energía y apta para abastecer con otras fuentes renovables durante muchos años, sin problemas de abastecimiento a una población mundial, que siempre está en aumento, y que sea además más económica y que continúe siendo garante de la protección del medio ambiente.-

Actualmente observamos que a la llamada generación II de reactores y centrales nucleares, que empezaron a instalalarse hace 40 años, se ha iniciado la instalación o la orden de construcción de centrales denominadas de la generación III la que se yuxtapondrá con la denominada generación III+ (sistemas mejorados de los de la generación III en la dirección apuntada mas arriba) antes del advenimiento de la GENERACION IV que goza de las propiedades que le permitirá subsistir por muchas décadas. (Reactores que usan fundamentalmente un ciclo de combustible cerrado –ver anexo 1- y que harán un mucho mejor uso del uranio natural, manteniendo y aun mejorando los niveles actuales de seguridad, produciendo hasta 50 a 100 veces más energía para una dada cantidad de uranio natural que los reactores de la generación actual), mientras se espera, en caso de que sea posible comercialmente, a la solución definitiva del problema de la energía: la fusión nuclear actualmente en una etapa de demostración experimental. (proyecto ITER).

Cual debería ser la política energética de países como el nuestro respecto a la opción nuclear?

Las centrales nucleares son proyectos muy complejos de construcción, como indica la experiencia. Con el estado actual de la tecnología de fabricación y construcción se debe esperar un tiempo mayor que el necesitado para la construcción de otros tipos de plantas como las de ciclo combinado por ejemplo, requiriendo por lo tanto políticas de planificación para tener un programa ordenado y eficaz de instalación de energía. El proveedor nuclear, el diseñador y el titular de la tecnología, suministran sólo los SISTEMAS NUCLEARES. Una amplia gama de especialidades en subcontratistas y proveedores han de participar en el suministro y la instalación de los restantes sistemas y componentes que son muy numerosos .Gran parte de la planta, incluyendo el turbo grupo y construcciones de hormigón, son similares a las plantas no nucleares y por lo general son proporcionados por constructores especiales y empresas de ingeniería que tienen la debida experiencia.

La función de "ARQUITECTO-INGENIERÍA", que abarca la Ingeniería general, la programación, el costo y la administración y coordinación de actividades entre contratistas y proveedores, es muy relevante e importante en un proyecto nuclear. En algunos casos es la que define finalmente el costo de la energía que entrega, mucho más que el tipo de reactor elegido.-

El desarrollo y luego la implantación aceptada por los diferentes actores sociales y políticos del país, de un programa propuesto de instalación de centrales nucleares durante varias décadas, y continuado sin mayores innovaciones por otros gobiernos nacionales que le sucedan, deberá estar basado en la

incorporación de centrales nucleares de alta confiabilidad (y la aceptación del público incluida) y costos razonables. La inclusión de la modernización internacional junto con la facilidad en el país en la provisión de equipos, suministros e ingeniería debería ser también un elemento básico de la decisión.-
Los criterios que se deben aplicar deberían ser de mas en mas similares a los seguidos para la adquisición de cualquier máquina moderna de generación eléctrica , es decir, la financiación, la seguridad nuclear, en este caso del modelo elegido (uso del PRA-sigla en ingles del probabilistic risk asessment- para comparar) y su proyección en un escenario de por lo menos los próximos 20-30 años, la buena economía incluyendo costos totales (incluidas las llamadas externalidades) y su compatibilidad económica con las de las otras fuentes de energía eléctrica, la facilidad en el mantenimiento, la información interna nacional sobre la máquina y no ser el único país que posee esa maquina sino ser parte de un parque nuclear mundial para aprovechar la experiencia colectiva.

Cual es la experiencia internacional al respecto?
El 90 % de la electricidad mundial de origen nuclear es producida por reactores de agua liviana como moderador y refrigerante y combustible enriquecido en el isótopo U-235. Esos reactores en operación presentan altos factores de disponibilidad en los países que han instalado esas centrales (la mayoría de los países europeos y EEUU) , siendo en su mayoría del tipo PWR y BWR Los reactores de uranio natural y agua pesada como moderador y refrigerante del tipo CANDU en su mayoría (el total son 48) representan el 6% de la energía eléctrica de origen nuclear total mundial y del tipo grafito gas de la primera época y otros diseños (en particular el 16 RBMK de Rusia, 18 GCR en UK solamente) aportan otro 3% del total de la energía nuclear entregada mundialmente.
En los tipos de reactor de uranio natural, se quema el material fisionable, solo parte de los 7 gramos de U-235 por kilo de uranio -0.2 % a 0,25 % a la salida del reactor - que se presenta actualmente en la naturaleza, mientras que en los reactores de agua natural, el enriquecimiento por ejemplo en U235 no es menor del 3% - 2,4 % en los BWR- y el enriquecimiento del combustible a la salida, contiene en un caso -PWR- del orden del 1,1% de U enriquecido en los reactores de la generación II.
En el caso de los reactores de uranio natural son necesarios altos rendimientos en la capacidad de la máquina de limpieza y enriquecimiento del agua pesada que está en el mismo reactor, debido a que la pérdida de la composición isotópica del moderador agua pesada durante la marcha, puede hacer peligrar la operación (subcriticidad) o el rendimiento del combustible (quemado de extracción).
Debido a la alta radiactividad del combustible gastado por el alto quemado (que no es total), los reactores de la generación II -ciclo abierto- no queman mas que el 2-3% del uranio inicial y poseen una cantidad de isótopos fisionables en el combustible irradiado que podrían generar varias veces la energía provista) es necesario disponer de un sitio de almacenamiento para luego eventualmente procesar ese combustible usado (reciclado), que no es una exigencia inmediata, pero que tiene un alto valor económico-energético .
El desafío de procesar ese combustible ha sido y es un imperativo en una mirada de mediano/largo plazo. Actualmente hay plantas que reprocesan del orden de 6000 tn anuales en Francia, Rusia, UK, India, Japón, y se espera una producción de 400 mil toneladas a nivel mundial antes del 2030, utilizando diferentes tecnologías que deberíamos conocer. (Podría ser una de las orientaciones de los centros de investigación participando con los centros internacionales avanzados, el conocer el

sistema PUREX y los derivados de ese sistema de procesamiento). Por ejemplo ver entre las numerosas referencias la de la IAEA TECDOC 1529 (2007), International Atomic Energy Agency.

Que país deseamos que sea la Argentina : Nuestro país!

Un país integrado al resto del mundo civilizado y competente, o aislados con incentivos al desarrollo propio de hacer todo lo que se pueda (como en los tiempos de "guerra') como única fuente de apoyo a la mano de obra /inteligencia local?

Yo apuesto a lo primero , un país en la cadena de los desarrollados actualmente que busca un bienestar asegurado para sus habitantes y la ausencia de toda guerra para conseguirlo, por ser la vía mas inteligente y además mayoritaria en los países creíbles de la región y del mundo.

En estos momentos, respecto al tipo de reactor, la elección parecería ser la óptima el elegir un reactor del tipo de agua a presión (PWR) de agua natural, a partir del uranio enriquecido, por ser la solución que se está imponiendo en el mundo. Y no persistir en una línea que no se proyecta para el futuro –argumentando como se hace- que tenemos una producción local de la misma, en una fabrica nacional y que deberíamos por lo tanto amortizarla primero antes de cambiar el sistema nuclear….. que posiblemente maximiza la participación nacional , es decir la importación (realización de compras en el exterior) baja, pero en porcentaje que por otro lado no es muy diferente entre las diferentes líneas de reactores.

Un país con un altísimo desarrollo local en la línea HWR como es la India nos dice que va a subsistir un piso del orden de más del 10% en componentes y partes que deben ser siempre importadas en el tipo CANDU. Es decir un 70% de la participación local en equipos y servicios es el nivel al que se debería aspirar independientemente del tipo de reactor elegido.

Nuestro país no debería embarcarse en una línea que ahora parece estar ensombrecida y por lo tanto con menos vigencia por los mismos que la propiciaron (Canadá) debido al menor ímpetu que le imprimen actualmente en ese país. Y por otro lado, ellos mismos impulsan ahora en el propio país –Canadá provincia de New Brunswick- otra línea de avanzada para el futuro pero basada en el U enriquecido y agua liviana para darle mas compatibilidad y seguridad a su línea HWR.

La última palabra sin embargo de esta decisión nacional debería ser tomada previa consulta con una EMPRESA DE ARQUITECTURA INDUSTRIAL en Argentina, seria y consolidada formada por jóvenes , entusiastas y bien entrenados profesionales formados en estas actividades y con apoyo de la industria local y en ciertos casos internacional. Esa solución fue la sugerida e implementada hace mas de 30 años pero desafortunadamente por conflictos internos y del estado de la tecnología nuclear en esa época (ver figura al final del anexo 2) no se llegó a la consolidación .Ese esfuerzo fue dispersado y anulado y hoy con el renacimiento nuclear se intenta un fortalecimiento por parte de la empresa operadora de las centrales nucleares en Argentina en su área de PROYECTO ATUCHA2.

La India, otro país envuelto en el desarrollo de la línea CANDU propicia ese reactor, pero para usar el Torio como combustible fértil en sus reactores futuros de avanzada –combustible nuclear que poseen en grandes cantidades- y en combinación con los reactores rápidos en desarrollo en ese país (usando el U-233 formado en los reactores tipo CANDU) para tener un sistema sustentable de provisión de energía por largo tiempo, pero no abandona sus proyectos propios en los reactores PWR desarrollados a partir del reactor francés PWR de la generación 2 comprado hace unos años (pero con

importantes cambios que lo acercan a los de la generación III). Es decir siguiendo un proceso que en una época lo desarrolló Japón (se compra afuera, luego se copia adentro, se lo cambia en algunas cosas y se lo vende luego afuera con "el made in house ").

Por otro lado la elección del PWR en nuestro país también se apoyaría en la importancia (numero de unidades) de la incorporación de esos reactores PWR en el mercado mundial prevista, porque habiéndose solucionado los problemas del abastecimiento del uranio enriquecido, al nivel requerido por las centrales nucleares por la multiplicación de países (anexo.2) que tienen facilidades de enriquecimiento, y ser además una tecnología que ahora CNEA podría también aportar en el futuro, a diferencia de lo que ocurría 30 o 40 años atrás. Además es la solución que adopta el recipiente de presión, opción robusta elegida en el país ya hace tiempo, que es una que aseguraría energía sin interrupción durante mas de sesenta años (y posiblemente mas) sin necesidad de cambiar el recinto de alto campo neutrónico por la fluencia y por ser su instalación, una solución mas económica que otras fuentes de energía nuclear y aun que aquellas que usan combustibles fósiles .El alto índice de atracción internacional y conocimiento que se tiene en el mercado eléctrico internacional de la solución PWR asegura el funcionamiento y su eventual reparación en caso que sea necesario.

Esa elección permitiría finalmente y no por eso es menos importante, una integración inteligente con el país vecino (Brasil) en la provisión planificada de ciertos insumos o partes y además con una comunidad internacional muy amplia y muy rica que ha elegido esa solución de reactor nuclear.

Una mirada a nivel mundial nos acerca mas a esa posición, pues vemos que países que lideran y liderarán en 10-20 años probablemente el mercado (India, China, Corea además de los países europeos, EE.UU., la Federación Rusa con una tasa de entrada en servicio de una planta cada 13 meses para dentro de algunos años) eligen esa solución para antes del advenimiento de los reactores de la generación IV, en la que ellos participan.

Hay países que fueron importadores de esa tecnología hace unos años atrás (Corea y China y posiblemente India por ejemplo) y hoy son oferentes de ese tipo de reactor de uranio enriquecido con moderador y refrigerante de agua liviana.. Es decir es una solución que si se tiene la "infra" industrial y políticas adecuadas puede también ser provista por los países menos desarrollados pero que miran el futuro. Aun si eso escasea con adecuados contratos pueden lograr obtenerlo sin perjuicio para el país.

Son oportunidades que debería adoptar nuestro país para salir de la crisis energética que siempre está en el horizonte a pesar de los artilugios intelectuales que se emplean, dejando de lado reflexiones -que pudimos haber tenido nosotros años atrás- de romanticismo nacionalista en la búsqueda de un reactor propio 100% autoabastecido y "puro" sin interferencia que solo se justifica en caso de conflicto bélico en el futuro y un escenario de país aislado que esperamos no sea el futuro de nuestra querida patria, sino por el contrario **abierto y en colaboración con los países del llamado mundo 1.-**

Es difícil ser futurista en este mundo cambiante de hegemonías, pero creo que no es errado pensar que en 20 años o más habrá centrales nucleares de todo tipo funcionando si el desarrollo sigue el proceso actual (sin accidentes severos) y los países se embarcan en la diversidad y la modernización por las ventajas en seguridad, sustentabilidad y economía y donde la supremacía del concepto PWR aparecerá mas contundente pues es la que aseguraría menores costo de generación de la electricidad

(costos de instalación y operación), la seguridad nuclear medidas por el PRA y el mínimo impacto ambiental .-
Este es mi punto de vista.
R. Solanilla enero 2011.

Anexo 1*Ciclos abiertos y cerrados

El ciclo del combustible comprende desde la extracción minera hasta el depósito final de los desechos radiactivos producidos. En este punto debemos distinguir entre ciclo "abierto" y ciclo "cerrado"; el primero es cuando el elemento combustible gastado y enfriado va directamente al almacenamiento subterráneo a largo plazo, y el ciclo de combustible "cerrado" es cuando el elemento combustible gastado es sometido a un "reprocesamiento" para separar (a) los componentes todavía útiles (uranio, plutonio, actínidos, vaina, etc.), los cuales pueden ser utilizados para fabricar nuevos elementos combustibles para la producción de energía (el reciclado en un reactor térmico - combustible MOX- permite después de un ciclo alcanzar un tenor de plutonio fisionable menor al 50% que tiene un efecto anti - proliferante) seguido fundamentalmente en FRANCIA, y (b) los últimos desechos (los productos de fisión) destinados para un almacenamiento subterráneo permanente durante un tiempo estimado en no más de 100 años.

Anexo 2 * Estado y tendencia de la tecnología nuclear.

Documento IAEA-TECDOC-1622 año 2010.
Información sobre lo que pasa en el mundo, referente a las preferencias entre los reactores refrigerados con agua natural y U enriquecido y los otros, surge de la documentación internacional por ejemplo de la IAEA:"Status and Trends of Nuclear Technologies" año 2010 , de la que a continuación extraemos algunos puntos :

Alrededor del 90% de la capacidad total de energía de origen nuclear que es del orden de 371.600 GWe - corresponde a los reactores tipo PWR (con 264 unidades y BWR 93 unidades sobre un total mundial de 439 unidades) , en ambos casos con distintas potencias. Los reactores iniciales, en la década del 60, de menor potencia después de alta, entre 700–1200 MWe. En el caso del U natural agua pesada hay 42 unidades (aproximadamente el 6% del total) en su mayoría CANDU en CANADA (menor de 800MWe) y también en INDIA con unidades del tipo inicial de Canadá -200 Mwe- . El resto son unidades de grafito gas (18 unidades solo en UK) o refrigerada con agua (reactor ruso RBMK con 16 unidades) construidas con un objetivo militar mas que civil. Reactores rápidos hay dos actualmente en operación (Francia y Rusia) .
De la treintena de países que poseen reactores nucleares se destaca EEUU con mas de 100 unidades (99257 GWe) , seguido por Francia con 59 , Japón con 55 unidades Federación Rusa con 31 RBMKI –algunos VVER-1200 –del tipo PWR ,también conocidos como AES-2006- , Republica de Corea 20 unidades, UK con 19 unidades (solamente la ultima del tipo PWR, las otras son Magnox o Magnox avanzado) , Canadá 18 unidades -912,8 GW(e) instalados- Alemania 17 unidades, Ucrania 15 unidades e India 16 unidades (las últimas unidades tienen una potencia de 540 MW, y están proyectadas unidades de 700 MW. Estos diseños partieron de la versión original y actualmente son menos desarrollados que los diseños canadienses actuales) , Suecia y China tienen 10 unidades en operación cada uno , mientras que España tiene 8 , Bélgica 7 unidades, Republica Checa 6 , Eslovaquia y Suiza 5 unidades cada una y Finlandia y Hungría 2 unidades en operación.

R.Solanilla. Un acuerdo político para asegurarse el cumplimiento de un plan nuclear por varias décadas. Fin año 2010

Los 10 países restantes (que incluye a nuestro País), tienen como máximo 2 unidades. Geográficamente la mayor concentración está en Europa seguida por la parte este de los EEUU.

Proyectos en construcción

El mayor número de proyectos de construcción son los de la India con 7 unidades en construcción que incluye PWR también, pues India ha importado dos unidades VVERs de Rusia. Lo sigue la Federación de Rusia con 5 proyectos, en su mayoría del tipo PWR , seguido por China con 4 del tipo PWR avanzados - uno es del tipo VVER (en la Federación de Rusia y China el proyecto incluye un FBR), y la República de Corea y Japón con 3 proyectos cada uno del tipo PWR avanzados. Dos proyectos fueron anunciados recientemente en Bulgaria y Ucrania, y cada uno está en marcha en Argentina (Tipo Atucha), Finlandia (PWR avanzado), Irán (PWR), Corea (PWR), Pakistán (HWR) y Rumania (HWR).

Varios países tienen planes ambiciosos para la ampliación de la flota de reactores nucleares en un futuro próximo. Oficialmente los gobiernos planifican para los próximos 10 años alrededor de 16 nuevas unidades en la Federación de Rusia, 14 unidades en China y en India, seguido por Japón con 11 unidades proyectadas. Otros países anunciaron que tienen la intención de sustituir antiguas unidades por otras nuevas. Un ejemplo reciente es el Reino Unido que anunció incluir hasta 10 nuevas plantas de energía nuclear del tipo LWR en su plan de energía. Otros países manifiestan la intención de prolongar la vida de las unidades en operación (EEUU por ejemplo, en ese país algunas empresas expresan también el interés en agregar mas unidades nuevas en los próximos años).

Otros países nucleares anunciaron a finales de 2007 considerar la adición de un número limitado de unidades nucleares en un futuro próximo; son algunos conceptos modulares. Algunos ejemplos son: Sudáfrica anunció agregar varias nuevas unidades nucleares pronto.

En una de las provincias de Canadá una utilidad ha anunciado planes para construir una nueva unidad nuclear -que podría ser un PWR- , y también en los Estados Unidos algunas utilidades nucleares están expresando su interés en la adición de nuevas plantas nucleares en los próximos años. Francia ha anunciado que pronto va a comenzar la construcción de una nueva unidad nuclear (generación III, EPR) que se agregaría a la actualmente en construcción, y Brasil planea comenzar la construcción de un PWR adicional en el sitio ANGRA.

Hay varios países en desarrollo que anuncian que están considerando iniciar un programa de energía nuclear.

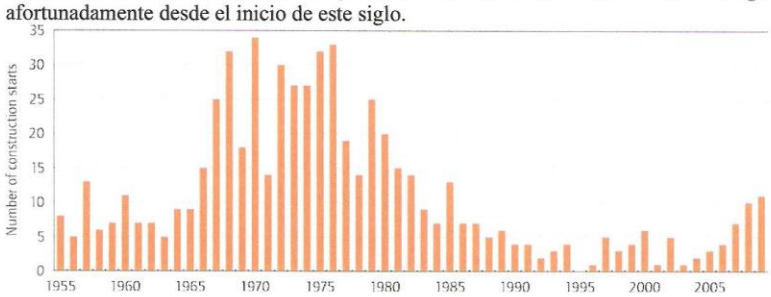
Otros desarrollos actuales de reactores de agua liviana y uranio enriquecido de baja y mediana potencia para aplicaciones no necesariamente eléctricas se mencionan en la literatura internacional (IAEA) en particular en nuestro país con el CAREN (presentado internacionalmente en la década del 80), en China, Japón, la Republica de Corea, en la Federación Rusa y en EEUU un gran número de reactores de pequeña y mediana potencia (menor de 300MWe) están también en desarrollo. Muchos de esos desarrollos intentan ser usados en la co-generación para aplicaciones no eléctricas. Algunos no necesitan recarga de combustibles en el lugar tal como el reactor ruso KLT-40 (a floating twin PWR reactor system) . La literatura internacional menciona también el diseño argentino (sistemas nucleares integrados para evitar la consecuencia del accidente de la rotura del primario). Caren (25 MWe que podría proyectarse a módulos de mas potencia), el de Corea, el de Rusia VBER (330 Mwe), el

multinacional IRIS (33-Mwe) de diseño parecido al Argentino y el Chino NHR-200 , EEUU y Japón tienen también diseños similares en estudio.-

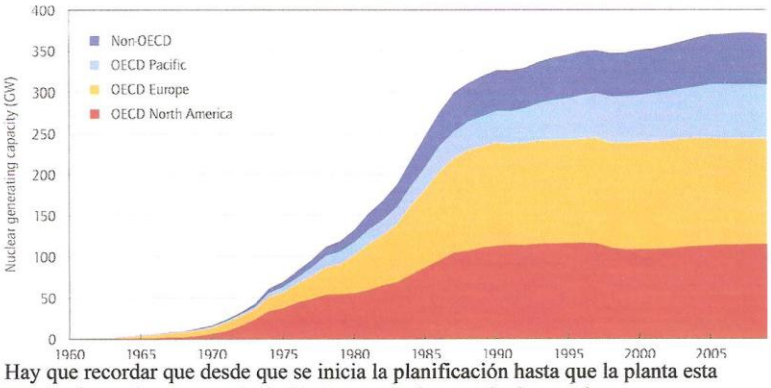
La situación actual de la energía nuclear se está caracterizando como una especie de **«renacimiento nuclear»** fundamentalmente en Asia después de haber conocido una fase de estancamiento. Sin embargo, hay que mencionar que hay algunos países, exclusivamente situados en Europa occidental como Alemania y España actual fundamentalmente, que quieren mantener a la nuclear, congelada en su fase presente por una política definida en el decenio del 1990 a pesar de este 'renacimiento nuclear' que esta sucediendo actualmente promovido por ASIA y aceptado en la mayoría de los países de Occidente entre otros, como una actitud reflexiva y confianza en la nuclear, por las consecuencias del cambio climático en nuestro planeta que nos afectará a todos si no comenzamos ya a cambiar nuestros hábitos y preferencias.

Y respecto a los proveedores del Uranio enriquecido:
Proveedores comerciales con una capacidad total de aproximadamente 52×10^6 de SWU por año son la Federación de Rusia (con 39% del mercado mundial), los Estados Unidos (22%), Francia (21%), el Reino Unido (6%), Holanda (5%), Alemania (3%), China (2%), Japón (2%) y Brasil (0,2%)
Para ilustrar, un típico reactor de 900 MW(e) LWR necesita unas 20 toneladas de metal pesado anualmente. Si está enriquecido al 4% del 235U requiere alrededor de 160 toneladas de uranio natural en el gas UF6 para suministrar cerca de 10^5 unidades de separación isotópica (SWU las siglas en ingles) En el futuro son de prever mas proveedores.

El grafico que adjuntamos a continuación muestra la **evolución mundial** (historia de la nuclear) de las unidades cuya construcción se inició en 1955. Desde el inicio de este siglo se aprecia un cambio, fundamentalmente sostenido por los países asiáticos. En los 80 los países occidentales, frente a los dos accidentes nucleares (TMI2 y Chernobyl) y la fuerte presión del público, frenaron la actividad reiniciada luego afortunadamente desde el inicio de este siglo.

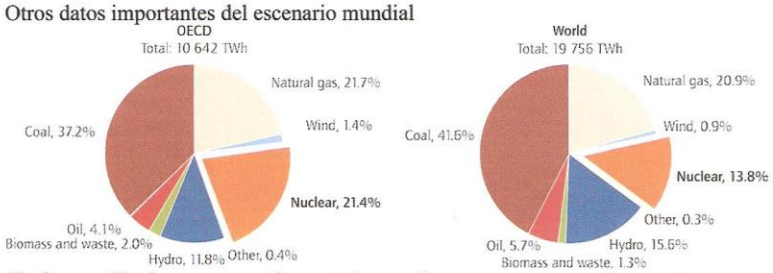


R.Solanilla. Un acuerdo político para asegurarse el cumplimiento de un plan nuclear por varias décadas. Fin año 2010



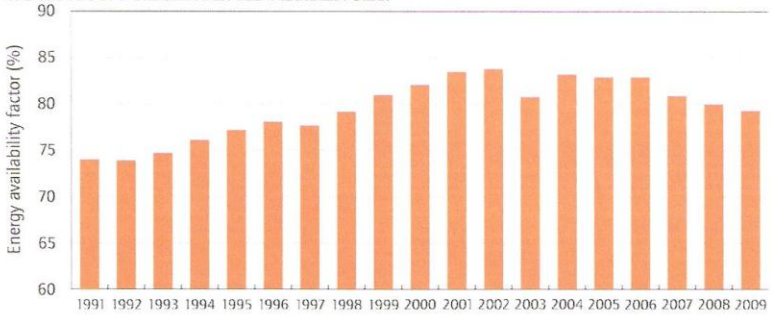
Hay que recordar que desde que se inicia la planificación hasta que la planta esta terminada pueden pasar más de 10 años según los standards actuales.

Otros datos importantes del escenario mundial



Nuclear and hydropower are the main low-carbon energy sources at present

SITUATION PRESENTE: ADVERTENCIA!



Esta disminución de los factores de carga (que define la disponibilidad de la planta) de los últimos años proviene de la salida de servicio de varias centrales en diferentes países para hacer cambios/modificaciones desde el ano 2007. Próximamente, si se cumplen las previsiones, esta tendencia cambiaria pues la cantidad de unidades que entrarían en operación serian superiores a las que se prevén salga de servicio por vejez. (la información del boletín de WNN ultimo nos informa -en ingles- "**No power**

R.Solanilla. Un acuerdo político para asegurarse el cumplimiento de un plan nuclear por varias décadas. Fin año 2010

reactors were closed last year but some 13 construction projects were started, promising more than one new reactor per month around 2015.
New capacity entering commercial operation in 2010 amounted to 2839 MWe net (Russia's Rostov 2, India's Rajasthan 6 and China's Ling Ao 3 and Qinshan II-3), while South Korea's Shin Kori 1 was grid connected and should soon provide another 1000 MWe net on a commercial basis. The Phenix reactor in France was officially closed in February 2010, but this had ceased power generation in 2009 and is counted among that year's figures."
Como vemos el Asia musculoso está salvando a la nuclear en el corto término. Esperamos que siga asi.....

roberto solanilla Digitally signed by roberto solanilla DN: cn=roberto solanilla, o=AR, email=rsolan@speedy.com.ar Date: 2011.01.19 18:11:02 -03'00'

R.Solanilla. Un acuerdo político para asegurarse el cumplimiento de un plan nuclear a varias décadas. Fin año 2010