

La energía nuclear en China: pasado, presente y futuro (1ª parte)

Nuclear energy in china: past, present and future (1st Part)



Gonzalo Jiménez-Varas¹, César Queral-Salazar²

¹ ETSI Industriales. UPM (España)

² ETSI Minas y Energía. UPM (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8247>

PRÉAMBULO

Hasta comienzos de siglo, China no era un país con un peso específico en la industria nuclear mundial. Sin embargo, desde que el Gobierno chino apostó en 2005 por el desarrollo de la energía nuclear, se ha convertido en el país con más reactores en construcción y con mayor abanico de tecnologías, propias e importadas. En este artículo se expone una perspectiva del desarrollo de la tecnología nuclear de China desde sus comienzos hasta nuestros días, incluyendo la participación de la industria nuclear española en los proyectos chinos.

1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO

El 8 de diciembre de 1953, el presidente de Estados Unidos, Dwight D. Eisenhower pronunció un discurso que pasaría a la posteridad como el punto de arranque del desarrollo de la energía nuclear para usos pacíficos a nivel mundial. Posteriormente, fueron varios los países que se sumaron al desarrollo nuclear en su fase más temprana. Esa primera hornada de reactores nucleares se denominó con posterioridad "Generación I". Dichos reactores nucleares representaron una prueba de la viabilidad económica y técnica del uso de la energía nuclear para producción de energía eléctrica a gran escala.

Poco después, en los años 70 y 80, comenzó la construcción masiva de reactores nucleares, llamada "Generación II", no sólo en Estados Unidos o en Gran Bretaña, sino también en países como Francia, Japón, España, Rusia, etc. Estos reactores contaban con una potencia mayor que la generación anterior, estando el promedio en los 1000 MWe. La gran mayoría de los 450 reactores que actualmente se encuentran operativos son de esta generación.

Las tecnologías más relevantes del desarrollo nuclear en las dos primeras generaciones fueron los reactores de agua a

presión (PWR), los reactores de agua en ebullición (BWR) y más minoritariamente los reactores refrigerados por gas (GCR) y los reactores de agua pesada (PHWR) [1] y [2].

Posteriormente, desde el año 2005, se comenzó la construcción de nuevos reactores avanzados, denominados como Generación III/III+, que se consideran una evolución natural de los diseños tradicionales de Generación II, ya que sobre la misma base tecnológica, incorporan nuevos sistemas activos y redundancias (Generación III) o sistemas pasivos en sustitución de los sistemas activos (Generación III+).

En una iniciativa internacional en el año 2000, liderada por el Departamento de Energía de EEUU, se constituyó el Generation IV International Forum (GIF), que desde entonces ha tenido como objetivo el desarrollo de los reactores de Generación IV. Dichos reactores se basan en tecnologías que optimizan el uso del combustible, a la vez que suponen un paso adelante en cuestiones relativas a la seguridad nuclear [3].

Como se mostrará en los siguientes apartados, China ha tenido un desarrollo nuclear muy ralentizado en su fase inicial, pero muy intenso desde el año 2005 en lo correspondiente a la construcción de reactores de Generación II, III/III+ e incluso con proyectos en curso de Generación IV.

2. PRIMER PERIODO: EL COMIENZO DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN CHINA

La historia de la industria nuclear China comenzó en los años 70 con el desarrollo de los submarinos nucleares chinos (clase Han). Posteriormente, ya en los 80, el Gobierno chino decidió comenzar la construcción de varios reactores nucleares para intentar compensar la desigualdad entre los centros de producción energética y los centros de consumo en el país [4].

Como estrategia de futuro, se quiso fomentar un equilibrio entre tecnologías importadas del extranjero con tecnologías propias desarrolladas en China [5]. Por ello, la primera central nuclear, Qinshan I (300 MWe) PWR de tipo CNP300, fue principalmente diseñada por Shanghai Nuclear Engineering Research and Design

Institute (SNERDI) compañía filial en ese momento de China National Nuclear Corporation (CNNC) y puesta en marcha en 1991. Este diseño se realizó a partir de la experiencia previa con los reactores para submarinos clase Han (Fig. 1). Posteriormente este mismo diseño se vendió a Pakistán (actualmente hay 3 CNP300 en operación y uno en construcción).

La segunda central nuclear llamada Daya Bay, con dos unidades de tipo M310, siguió una filosofía diferente a Qinshan: el constructor fue un consorcio denominado Guangdong Nuclear Power Joint Venture Co. (GNPJVC), el suministrador de la isla nuclear y la de turbina fueron Framatome (Francia) y British General Electrical Company (Gran Bretaña) respectivamente y la responsabilidad técnica recayó en Electricité de France (Francia). El reactor M310 es un diseño francés, equivalente al reactor PWR de 3 lazos de Framatome, con 34 reactores en operación en Francia, y este a su vez es una evolución del reactor PWR de 3 lazos de Westinghouse Electric Company (WEC-Estados Unidos), cuya licencia fue adquirida por el gobierno francés en 1974 [6]. Daya Bay 1 y 2 se pusieron en operación en 1993 y 1994, respectivamente.

3. SEGUNDO PERIODO: EL LENTO DESARROLLO (1996-2005)

En el periodo posterior, desde 1996 a 2005, China incrementó su flota de reactores nucleares, pero a un ritmo más pausado (≈ 1 reactor/año) que el que tuvieron en otras grandes potencias económicas en su fase de desarrollo nuclear durante los años 80 como Estados Unidos ($\approx 4,63$ reactor/año), Japón ($\approx 1,82$ reactor/año) o Francia ($\approx 3,83$ reactor/año). Durante ese periodo, se pusieron en marcha otros dos reactores tipo M310 (Ling Ao I y II), dos reactores de agua pesada tipo CANDU de tecnología canadiense (Qinshan III-1 y III-2), dos reactores de diseño ruso tipo AES-91 (Tianwan 1 y 2) y dos reactores chinos tipo CNP600 (Qinshan II-1 y II-2). Los reactores CNP600 eran un modelo escalado a 650 MWe del diseño CNP300 con ciertas características tomadas del M310 francés.

La potencia eléctrica nuclear instalada alcanzó en 2007 los 9.124 MWe, lo que

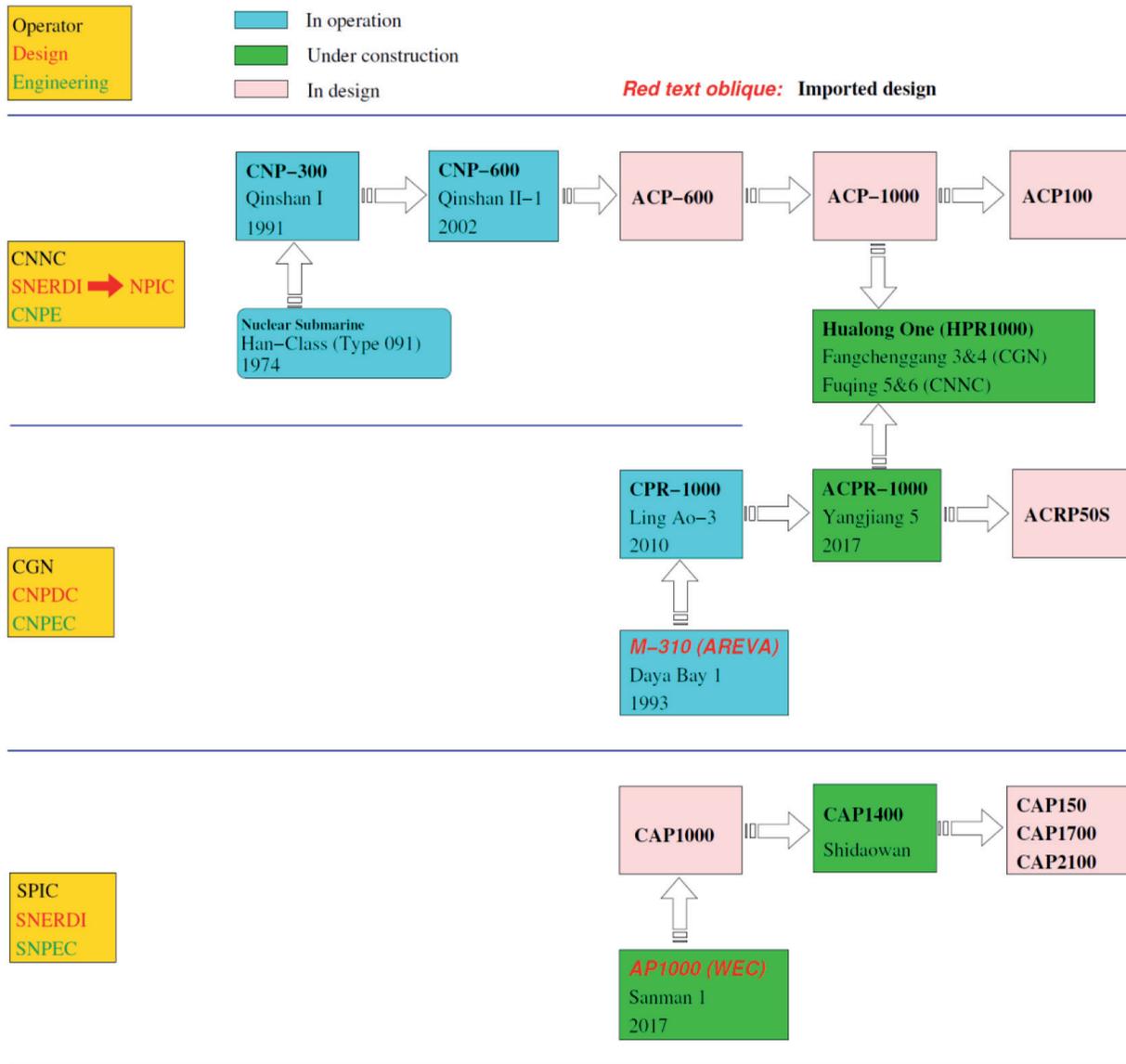


Fig. 1: Evolución de los principales diseños de agua ligera de reactores chinos. Fuente: Elaboración propia

colocaba a China entre los países con una potencia nuclear instalada significativa, comparable a España (7.864,7 MWe nucleares en la actualidad), pero lejos de Estados Unidos, Francia o Japón. Ver la Tabla 1 en Material suplementario al final del artículo. Las empresas explotadoras de las centrales que estaban en ese momento en operación eran CNNC y China Guangdong Nuclear Power Corporation (CGNPC), la cual posteriormente paso a llamarse China General Nuclear Power Group (CGN) para destacar su expansión fuera de la provincia de Guangdong (Cantón) (Fig. 1).

4. TERCER PERIODO: LA CONSTRUCCIÓN MASIVA DE REACTORES (2005-.....)

En el año 2005 se produjo un cambio de planteamiento y el primer ministro Wen Jiabao impulsó un nuevo plan energético en China en el que todas las fuentes de

energía se desarrollarían para conseguir suplir la creciente demanda energética del país [5]. Con respecto a la energía nuclear, fue el punto de partida de un plan de construcción con pocos precedentes en el campo nuclear. Ese impulso coincidió con la revisión de planes estratégicos en energía de otros países como Estados Unidos y Gran Bretaña. En los tres países se consideraban prioritarios para el desarrollo de la energía nuclear la construcción de nuevos reactores de Generación III/III+.

En el año 2007, el State Council elaboró un plan nuclear a medio y largo plazo, reflejado en el documento "Condiciones y Política de la Energía en China". En el plan estratégico reflejado en dicho documento se incluía, por una parte, la inversión en tecnologías de reactores extranjeros así como el diseño y la construcción de reactores de Generación II y III/III+ chinos, fabricados, construidos y operados por empresas chinas [5].

En dicho plan, se prevé construir hasta 40 GWe de potencia nuclear en el periodo 2005-2020 (≈2,66 reactor/año), aproximadamente un 4% de la generación total del país. Desde finales del año 2009, China se ha mantenido como el país con más reactores en construcción del mundo, teniendo actualmente unos 20 en construcción.

Pese a priorizar la construcción de reactores de Generación III/III+, se siguieron construyendo reactores de Generación II: 4 reactores tipo CNP600 y 2 tipo VVER-1000 V-428M, Tianwan 3 y 4, aún en construcción. Adicionalmente, con la premisa de mejorar los diseños de Generación II, CGN desarrolló un diseño denominado CPR-1000 con algunas características de Generación III, como la instrumentación y control digital o un diseño para 60 años de operación. En este diseño parte de los derechos de propiedad intelectual pertenecen a AREVA (antigua Framatome) ya que par-

te de la tecnología proviene de su diseño M310 [6]. En China, hay 20 reactores CPR-1000 en operación y 2 en construcción (Figs. 1 y 2). Ver las Tablas 2 y 3 en Material Suplementario. Después del accidente

de Fukushima en 2011, el gobierno chino decidió no conceder más licencias de este reactor, siendo su prioridad a partir de ese momento la construcción de reactores de Generación III/III+.

El primer reactor de Generación III/III+ que comenzó a construirse en China fue el modelo AP1000 de WEC (EEUU). El AP1000 es un reactor tipo PWR que cuenta con innovadores sistemas de seguridad pasivos que basan su funcionamiento en la fuerza de la gravedad, la condensación, la ebullición y el uso de baterías de CC como contrapunto a los sistemas activos que necesitan CA proveniente del parque eléctrico exterior a la central o los generadores diésel de emergencia [7]. El contrato por la construcción de cuatro unidades de AP1000 (dos en Sanmen y dos en Haiyang) fue firmado en junio del 2007 por el consorcio WEC-Shaw en un lado y el consorcio formado por State Nuclear Power Technology Company of China (SNPTC), Sanmen Nuclear Power Company, Shangdong Nuclear Power Company y China National Technical Import & Export Corporation (CNTIC) en el otro. La construcción oficial de los reactores AP1000 comenzó en Sanmen el 19/04/2009 y en Haiyang el 23/09/2009 [8] [9]. Estos reactores tienen previsto su inicio de la operación comercial en 2017, siendo los primeros reactores AP1000 que van a comenzar a operar en el mundo, puesto que los proyectos AP1000 americanos (Vogtle 3-4 y VC Summer 1-2) comenzaron su construcción en 2013, cuatro años después que los AP1000 chinos.

Simultáneamente al inicio de la construcción de los reactores AP1000 se comenzó un nuevo diseño nuclear denominado CAP1400 (Fig. 3), concebido a partir del reactor AP1000 pero con una potencia de 1500 MWe, desarrollado por SNERDI [10], empresa que hoy en día forma parte de SNPTC después de ser transferida desde CNNC por el gobierno chino. Este proyecto incluyó un acuerdo de transferencia de conocimiento y tecnología de WEC a SNERDI. Los primeros reactores de este tipo se espera que se construyan en Shidaowan donde ya han empezado las actividades preparatorias del emplazamiento. Además del diseño CAP1400, SNERDI también está desarrollando otros de tecnología similar denominados CAP150, CAP1000, CAP1700 y CAP2100 (Fig.



Fig. 2: Localización de los reactores nucleares en China. Fuente: Wikipedia Commons

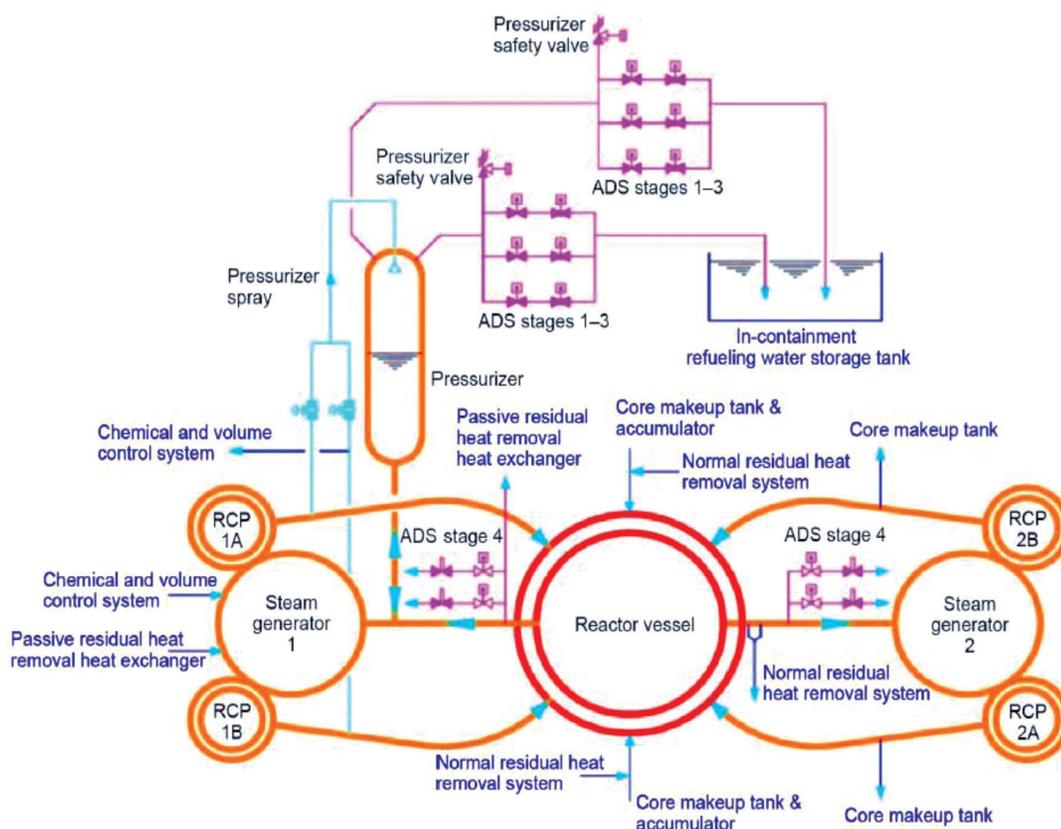


Fig. 3: Sistemas de seguridad del reactor CAP1400. Fuente: [10]

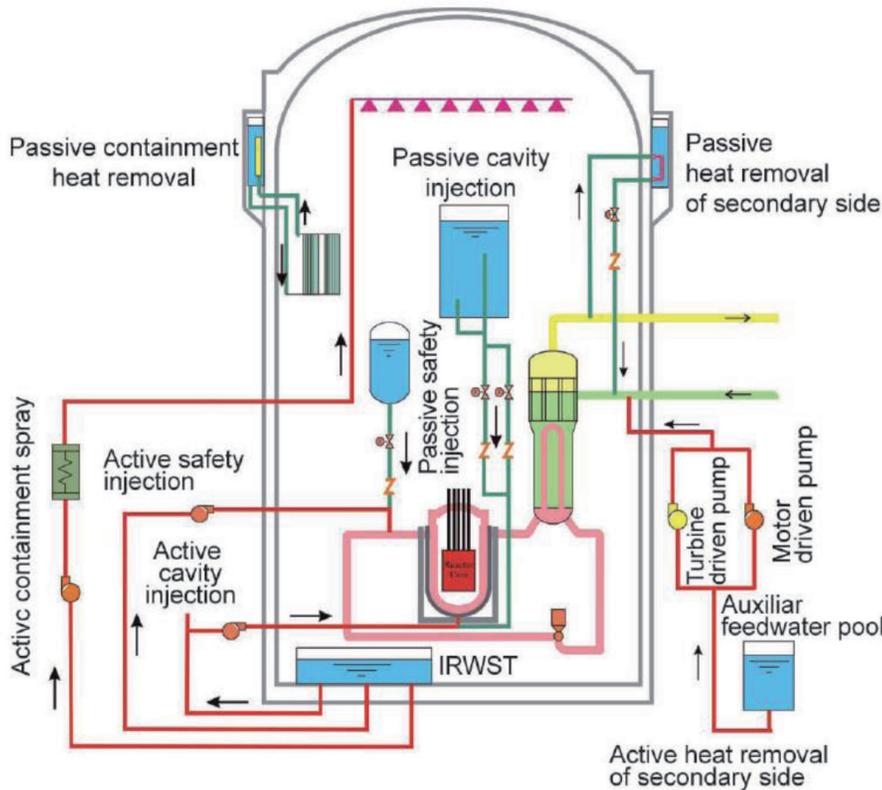


Fig. 4: Sistemas de seguridad del reactor HPR1000 de CNNC. Fuente: [19]

1). En 2015, SNPTC se fusionó con China Power Investment Corporation (CPI) para dar lugar a un gran conglomerado empresarial energético denominado State Power Investment Corporation (SPIC). Esta nueva empresa tiene un capital de 7.000 M\$ y unos activos de 116.000 M\$ con una potencia instalada de 98 GWe, siendo la potencia total instalada en China, con todo tipo de generación, 1.382 GWe (106 GWe en España) con una tasa de crecimiento de 90 GWe/año.

Ese mismo año un consorcio formado por EdF y CGN firmó la construcción de dos reactores tipo EPR con AREVA, [11]. El reactor EPR cuenta con más redundancias de seguridad que los actuales reactores de Generación II, así como múltiples sistemas de mitigación en caso de accidente severo, como el sistema de retención del núcleo fundido [12]. Los reactores EPR comenzaron su construcción el 18/11/2009 [13] y la segunda unidad el 15/04/2010 [14]. En enero de 2016, Taishan fue el primer reactor EPR a nivel mundial en completar los test hidráulicos de puesta en marcha [15], estimando su puesta en marcha efectiva para 2017. Este hecho representa un hito, puesto que los EPR construidos fuera de China comenzaron su construcción mucho antes pero su conexión a la red no está prevista hasta al menos finales de 2018 [16] [17].

Simultáneamente a la construcción de los reactores AP1000 y EPR, varias empre-

sas chinas comenzaron nuevos desarrollos de reactores de Generación III. Por una parte, CGN desarrolló un reactor avanzado denominado ACPR1000, tomando como base el reactor CPR1000. El ACPR1000 incorpora avances notables en seguridad nuclear, como una doble contención o un sistema de refrigeración del núcleo fundido, como el EPR de AREVA. Hay cuatro reactores ACPR1000 en construcción actualmente: Hongyahn 5-6, Yangjiang 5-6 (Fig. 2). Ver la Tabla 3 en el anexo. Por otra parte, y motivados por los requisitos de seguridad post-Fukushima, CNNC desarrolló dos nuevos reactores de Generación III denominados ACP600 y ACP1000, del primero se espera que se construyan dos reactores en Changjiang 3-4, sin embargo del segundo no se espera ninguna construcción en un futuro ya que en 2012, el gobierno chino decidió parar el desarrollo en paralelo de reactores de Generación III por parte de CNNC (ACP1000) y de CGN (ACPR1000), imponiendo como objetivo el desarrollo conjunto de un diseño de reactor único: el Hualong One o HPR1000 [18] (Fig. 1). El HPR1000 incluye más redundancias y sistemas pasivos de seguridad que los diseños chinos anteriores [19], como un sistema de refrigeración pasivo de la contención, basado en intercambiadores de calor en el exterior de la misma (Fig. 4). Actualmente se están construyendo tres reactores HPR1000 en China (Fan-

gchenggang 3 y Fuqing 5-6 y se encuentran avanzadas las negociaciones para su posible construcción en Pakistán, Reino Unido y Argentina [18]. Ver la Tabla 3 en el anexo.

Como estrategia de futuro a medio plazo, China aprobó el 13º Plan Quinquenal en 2016, en el que se estima que cada año se aprobará la construcción de entre 6 y 8 reactores nucleares nuevos hasta 2020. Este objetivo está motivado por la aprobación en 2014 del *Energy Development Strategy Action Plan 2014-2020*, en el cual se establece como prioritario el uso de la energía nuclear para cumplir los objetivos de emisiones. En cifras globales, moderadas después del accidente de Fukushima en 2011, China se ha puesto como objetivo alcanzar los 58 GWe de nueva instalación en 2020 con otros 30 GWe en construcción para la misma fecha [20]. Por tanto, es de prever un crecimiento intenso, pero sostenido en el tiempo de la energía nuclear en China.

PARA SABER MÁS

- GONZALEZ-JIMENEZ, Antonio. NUCLEAR POWER PLANTS: A HISTORICAL VISION - 1ST PART. DYNA, Marzo 2014, vol. 89, no. 2, p.138-143. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5757>
- GONZALEZ-JIMENEZ, Antonio. NUCLEAR POWER PLANTS: A HISTORICAL VISION - 2ND PART. DYNA, Mayo 2014, vol. 89, no. 3, p.267-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5759>
- Zhou Ping. "Nuclear power development in China" IAEA Bulletin, 2/1987.
- Xu Yi-chong et al. "Nuclear Energy Development in Asia. Problems and Prospects" Editorial Palgrave MacMillan, 2011.
- World Nuclear Association. "France Nuclear Power" 10/11/2016
- Carmelo Palacios. "The Spanish Nuclear Group for Cooperation: A Story of Success". Nuclear España, septiembre de 2013, pg 21-25.
- Luis Rejas y Víctor Martínez. "Diseño y suministro de salas de control para el programa nuclear de China" Nuclear España, Febrero 2016, pg. 40-45.
- Teresa Alejos. "ENSA y ENUSA logran nuevos acuerdos comerciales en China" Revista SEPI, 27/10/2014, pg. 28-30.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

Las referencias completas y tablas 1, 2 y 3 se pueden descargar en...
http://www.revistadyna.com/documentos/pdfs/_adic/8247-1.pdf

