

*Rodrigo PARDO DE SANTAYANA JENARO*

*Capitán del CGET y doctorando en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM)*

*Correo electrónico: rodrigopds93@gmail.com*

## **Análisis del vehículo de planeo hipersónico DF-ZF: una mirada al sistema de innovación de defensa de China**

### *Analysis of the DF-ZF hypersonic glide vehicle: a look at China's defense innovation system*

#### **Resumen**

El 27 de julio de 2021 se realizó en China un ensayo con el vehículo de planeo hipersónico (HGV) DF-ZF, que dio una vuelta a la Tierra antes de alcanzar su objetivo y que provocó que ciertas autoridades estadounidenses calificaran la situación de «preocupante» (Sevastopulo, 2021). El programa de armas hipersónicas de China ha captado una gran atención mundial e interés investigador en los últimos años. El desarrollo por parte de China de un sistema de armas hipersónico es relevante por lo que este aporta al Ejército Popular de Liberación (EPL), pero lo es aún más por lo que significa en cuanto a la capacidad innovadora de tecnología de defensa de China. En este artículo se investiga el proyecto tecnológico que dio lugar al HGV DF-ZF y se analizan, basándose en el modelo de sistemas de innovación de defensa de T. M. Cheung (2021: 775-801), los factores principales del sistema chino para encontrar en él posibles puntos fuertes y débiles.

### Palabras clave

China, Innovación, Tecnología, Militar, Hipersónico, DF-ZF, HGV, EPL.

### Abstract

*On 27 July, 2021, China conducted a test with the DF-ZF hypersonic glide vehicle (HGV), which orbited the Earth before reaching its target and prompting certain US authorities to describe the situation as “worrying” (Sevastopulo, 2021). China’s hypersonic weapons programme has attracted a great deal of global attention and research interest in recent years. China’s development of a hypersonic weapon system is relevant because of what it provides for the People’s Liberation Army (PLA), but even more so because of what it could mean for China’s ability to innovate in the field of defense technology. This article examines the technological project that gave rise to the DF-ZF HGV, and using T. M. Cheung’s (2021: 775-801) model of defense innovation systems, analyses the main factors of the Chinese system to find its potential strengths and weaknesses.*

### Keywords

*China, Innovation, Technology, Military, Hypersonic, DF-ZF, HGV, PLA.*

### Citar este artículo:

*PARDO DE SANTAYANA JENARO, Rodrigo (2023). Análisis del vehículo de planeo hipersónico DF-ZF: una mirada al sistema de innovación de defensa de China . Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos. N.º 21, pp. 11-44.*

## I. Introducción

Desde el año 2019 China cuenta en su arsenal con un misil denominado Dongfeng-ZF (东风, Dōngfēng, «viento del Este») o DF-ZF. No se trata de un misil más de la amplia gama de misiles balísticos chinos, sino que se trata de un vehículo de planeo hipersónico (HGV, del inglés: hypersonic glide vehicle). El DF-ZF es el primer modelo de misil hipersónico con el que cuentan las fuerzas armadas chinas y ha sido desarrollado en su totalidad en China. El desarrollo del DF-ZF ha atraído gran atención mundial y más aún tras un lanzamiento que se llevó a cabo en julio de 2021 en el que este misil dio la vuelta al mundo antes de impactar contra su objetivo.

Los HGV se emplean de manera que tras ser lanzados desde grandes altitudes aceleran sin necesidad de autopropulsión hasta velocidades hipersónicas gracias al efecto de la gravedad y son capaces de maniobrar y mantener una trayectoria baja hasta alcanzar su objetivo. China ha logrado ser uno de los primeros países en desarrollar un HGV y, además, el modelo DF-ZF es capaz de portar una cabeza convencional o nuclear.

Según dos grandes expertos chinos en tecnología hipersónica (Cai y Xu, 2012), los retos tecnológicos involucrados en el desarrollo de este tipo de sistemas de armas son diversos y de elevada complejidad, y se resumen principalmente en los campos de: tecnología de diseño integrado general; tecnología de propulsión (en este caso no aplica al DF-ZF); tecnología de materiales, procesado y fabricación; tecnología de pruebas y verificación; tecnología de control, guía y navegación de vuelo; y tecnología de demostración y validación de vuelos. La acentuada complejidad de los campos de investigación involucrados en la tecnología hipersónica es el motivo por el que actualmente solo las fuerzas armadas de Rusia, China y Estados Unidos operen este tipo de sistemas.

Si bien el éxito aparentemente repentino de China en el desarrollo de armamento hipersónico puede sorprender a observadores externos, la tecnología hipersónica ha sido parte clave de iniciativas de investigación de seguridad nacional chinas desde hace más de 30 años en programas como el 863 o 973, de los años 1986 y 1997 respectivamente. Además, un informe oficial norteamericano de 2020 (Office of the Secretary of Defense) afirmaba que gran parte de los sistemas de misiles del ejército chino eran comparables en calidad a los sistemas de otros productores internacionales de primer nivel y, que durante el año 2019 China había lanzado más misiles balísticos en pruebas y entrenamientos que el resto del mundo combinado.

Que el Ejército Popular de Liberación (EPL) tenga capacidad para emplear un sistema de misil hipersónico es un hecho muy relevante por dos razones. En primer lugar, porque algunos de los sistemas de defensa antimisiles modernos pueden quedar obsoletos provocando que aquello que se pensaba protegido quede vulnerable: medios del ejército, instalaciones en territorio nacional o incluso un portaaviones navegando por el océano. Precisamente, la capacidad de penetrar sistemas defensivos es la característica más importante de las armas hipersónicas y justamente la que se persigue desde el alto mando chino (Zhao, 2020: 109-122). En segundo lugar, y posiblemente de mayor repercusión, el hecho de que el ejército chino disponga de misiles hipersónicos

evidencia los importantes resultados que está alcanzando el sistema de innovación de defensa de China.

Según lo recogido en Arms Control Association (Bugos, 2022) refiriéndose a los sistemas de armas hipersónicos chinos la senadora estadounidense Marsha Blackburn manifestaba que, «lo que nos preocupa es quedarnos atrás» (traducción propia del autor). Mientras que según publicaba el Financial Times (Sevastopulo y Hille, 2021) el congresista norteamericano Michael Gallagher afirmaba que el ejército chino tiene una capacidad cada vez más creíble para amenazar a los Estados Unidos con ataques tanto convencionales como nucleares y ello plantea nuevas preguntas sobre por qué se ha subestimado la modernización militar de China.

La modernización del EPL mediante avances tecnológicos es una gran prioridad del Partido Comunista Chino (PCCh) liderado por Xi Jinping. En el discurso del XIX Congreso del PCCh, en 2017, el líder se expresaba de esta manera:

«Para adaptarnos a la tendencia del desarrollo de la nueva revolución militar mundial y a las necesidades de la seguridad nacional, mejoraremos la calidad y la eficacia de la construcción de la defensa nacional y del Ejército [...] con el propósito de que [...] a mediados de este siglo haya culminado la transformación integral del Ejército Popular en un ejército de primer orden mundial. (Xi, 2017)».

Cinco años más tarde, en el XX Congreso del PCCh de 2022 Xi Jinping se expresaba de esta otra forma:

«Hacer con celeridad del Ejército Popular uno de primer orden mundial constituye una exigencia estratégica para la construcción integral de un país socialista moderno. Hay que llevar a ejecución el pensamiento del Partido sobre el fortalecimiento del Ejército [...] mediante la reforma, la ciencia, la tecnología y los recursos humanos excelentes». (Xi, 2022).

De estas palabras podemos conocer que la motivación de las autoridades chinas detrás de que el EPL se transforme en un ejército de primer orden mundial se ha visto incrementada desde un propósito para adecuarse a la «tendencia del desarrollo de la nueva revolución militar mundial» a, en cinco años, ser «una exigencia estratégica para la construcción integral de un país socialista moderno».

Por tanto, hoy en día la modernización del EPL mediante «la reforma, la ciencia, la tecnología y los recursos humanos excelentes» es un elemento central para la constitución de la nación china, según lo expresado por su máximo líder político. Además, este objetivo es confiado a la superioridad del modelo político que encabeza el PCCh: «El rasgo más esencial del socialismo con peculiaridades chinas es que su dirección recae en el Partido Comunista de China, su mayor superioridad radica en esta misma dirección y el Partido constituye la fuerza dirigente política suprema». (Xi, 2017).

La cuestión de si China, debido a su modelo político e institucional, tiene ventajas o inconvenientes para lograr la deseada superioridad tecnológica militar es hoy en día

objeto de debate entre expertos. Hay quienes opinan que el modelo chino permite una mayor capacidad para trabajar en una misma dirección y generar sinergias, pero también quienes defienden que el sistema de innovación chino está maniatado por sus dirigentes.

Algunos de los más críticos con el modelo chino opinan que la innovación no se puede controlar y dirigir como pretenden las autoridades chinas en el ámbito militar. El autor norteamericano Matthew Evangelista hace ya muchos años defendió, haciendo referencia a los países centralizados y autoritarios, que «la naturaleza centralizada y reservada del sistema desalienta la iniciativa de bajo nivel al inhibir el libre flujo de información e imponer una jerarquía de objetivos militares y de investigación» (traducción propia del autor), (1989: 147-171).

Otros autores hacen referencia a este hecho para el caso de la China moderna como, por ejemplo, el académico británico Kerry Brown (2014) que defiende que las autoridades chinas al tratar de controlar y dirigir la innovación en el ámbito de defensa acabarán ralentizándola o Stephen G. Brooks y William C. Wohlforth (2016: 91-104) quienes exponen que el crecimiento económico ya no se traduce tan directamente en poder militar como en el pasado y defienden que ahora es más difícil que antes que las potencias emergentes se eleven y las establecidas caigan.

En cambio, hay otros expertos que se expresan de forma contraria. Un ejemplo de ello es el conocido politólogo Graham Allison (2021: 40), quien opina que en los numerosos estudios de principios del siglo XXI se erró al estimar a la baja el potencial de China, pues según Allison, pese a que Estados Unidos aún conserva el dominio militar, en algunos campos tecnológicos China ya está al mismo nivel.

También Cordesman (2021) y Puglisi (2020: 74-91) critican que siga costando liberarse de ciertos paradigmas que llevan a asumir tácitamente que el sistema representado por EE. UU. es superior a la hora de generar innovación frente al de China, en lugar de analizar en detalle las fortalezas y debilidades comparativas de cada sistema. Esta cuestión posee una gran relevancia hoy en día debido a que, según datos de la OCDE y de los que se hace eco un informe de la Comisión Europea, China superó al conjunto de la UE en inversión económica en I+D en el año 2014 y se acerca cada vez más a la de Estados Unidos, al que sí supera ya en el número de publicaciones anuales entre el 10 % de las más citadas (Preziosi *et al.*, 2019).

La pregunta de investigación de este artículo es si China está demostrando capacidad de generar innovación tecnológica militar de primer nivel y cuáles son los posibles puntos fuertes y débiles de su sistema de innovación de defensa. Esto se llevará a cabo a través del caso de estudio del programa de desarrollo del HGV DF-ZF.

## 2. Marco teórico

Se entiende por innovación aquello que genera e implementa productos nuevos, pero también, ideas, procesos y servicios (Thompson, 1965: 1-20; West y Anderson, 1996: 680; Wong *et al.*, 2009: 238-251). También se asocia la innovación con el cambio (Damanpour,

1996: 693-716) o con aquello que posibilita nuevas oportunidades de negocio (Du Plessis, 2007). En el caso del concepto de innovación en defensa, estas ideas generales también son de aplicación, pero deben ser trasladadas a su ámbito específico.

En este caso resulta inevitable mencionar el concepto de *la triada de la innovación militar* (Sapolsky *et al.*, 2009; Krepinevich, 1994: 30-42; Zabecki, 2005: 603-604; Cheung *et al.*, 2011; Ross, 2010) representado por un triángulo con tres vértices: tecnología, organización y doctrina (figura 1).

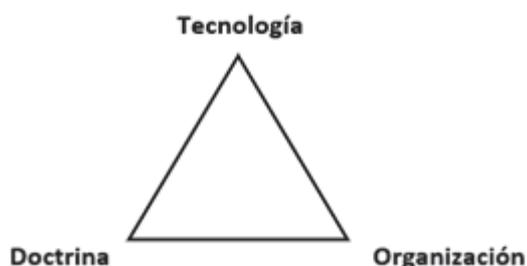


Figura 1. Triada de la innovación militar.

Por *tecnología* se entienden los instrumentos y recursos técnicos relacionados principalmente con los sistemas de armas que emplean los ejércitos. La *organización* se refiere a la estructura de las Fuerzas Armadas y la *doctrina* a la forma que tienen las mismas de actuar y de emplear los diferentes sistemas de armas. Este concepto pretende explicar que para que haya un aumento efectivo de las capacidades militares y se dé una innovación militar completa, debe haber sintonía entre estos tres componentes. La falta de avances en uno de estos elementos deja ineficaces los avances que se produzcan en los otros. Sin embargo, raramente se dan cambios significativos de forma simultánea en estos tres componentes, sino que más bien, uno lidera el cambio mientras los otros lo siguen.

Se asume cada vez más la tesis de que en los ejércitos modernos, principalmente tras la guerra del Golfo, el cambio en la tecnología es el factor que lidera y que condiciona los cambios en la organización y la doctrina (Sapolsky *et al.*, 2009; Krepinevich, 1994: 30-42; Zabecki, 2005: 603-604). Ninguno de estos autores afirma que no se den casos de innovación liderada por la organización y doctrina o que estos aspectos no sean relevantes, sino que, ante el auge del desarrollo tecnológico global, estos dos factores suelen principalmente adaptarse a las condiciones que impone la tecnología propia frente a la del adversario.

Cheung, un gran estudioso de la innovación del ámbito de defensa, y de la tecnológica en particular, presenta una definición para esta que recoge la preeminencia de la tecnología:

«La innovación en defensa es la transformación de ideas y conocimientos en productos, procesos y servicios nuevos o mejorados para aplicaciones militares y de doble uso. Se refiere principalmente a las organizaciones y actividades asociadas con la defensa y la ciencia, la tecnología y la base industrial civil-militar de doble uso (traducción propia del autor)» (Cheung, 2014).

Teniendo ya definido aquello que será el objeto de estudio se recogen ahora las teorías o modelos que explican cómo se lleva a cabo innovación tecnológica en el ámbito de defensa y cuáles son los elementos o factores involucrados en este proceso.

Un modelo que explica los factores involucrados en la capacidad de producir innovación tecnológica militar de los países es el de Schmid (2018), que propone la *Teoría de la Amenaza-Capacidad*, que plantea que la producción de tecnología militar de un Estado está sostenida principalmente por dos factores: el entorno de amenazas del Estado y su infraestructura innovadora. El concepto de entorno de amenazas del Estado se refiere a retos a la seguridad, tanto interna como externa, así como a la capacidad del adversario para imponer consecuencias negativas sobre la dirigencia del Estado.

Otro autor que ha propuesto recientemente una teoría explicativa de la capacidad de innovación tecnológica del ámbito de defensa de los países es Cheung (2021: 775-801). El modelo que desarrolla este autor es de los más completos y enfocados en la innovación tecnológica militar que hay; y además contiene también como factor determinante al entorno de amenazas del Estado, incluyendo así la teoría de Schmid dentro de su modelo. Este modelo proporciona herramientas para el análisis del sistema de innovación de defensa y de los resultados que este produce. Por estas razones, y porque es uno de los modelos más modernos del ámbito militar, en esta investigación se emplea el modelo explicativo de Cheung.

El modelo de Cheung se basa en el estudio de los *sistemas de innovación de defensa nacionales* que define como una red de organizaciones e instituciones que realizan de forma interactiva actividades relacionadas con la ciencia, la tecnología y la innovación para impulsar el desarrollo de los intereses y capacidades de defensa, especialmente en relación con actividades estratégicas, de defensa y de doble uso civil-militar.

Este modelo especifica un conjunto de categorías de factores claves definidos como los responsables de la generación de innovación tecnológica militar, así como las relaciones entre ellos y una tipología de los resultados de innovación.

Los factores y sus categorías se resumen en la tabla 1:

| <b>Categorías</b>             | <b>Factores</b>                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Catalizadores                 | Apoyo de liderazgo de alto nivel; Entorno de amenazas externas; Oportunidades revolucionarias de avances de productos o procesos                                                        |
| Insumos ( <i>Inputs</i> )     | Transferencias de Tecnología Extranjera; Entradas de recursos (asignaciones del presupuesto estatal, inversiones en el mercado de capitales); Capital Humano; Integración Civil-Militar |
| Instituciones                 | Planes y Estrategias; Régimen Normativo; Incentivos; Normas de Gobernanza; Relaciones Estado-Mercado                                                                                    |
| Organizaciones                | Corporaciones de Defensa, Organismos Estatales, Entidades Militares; Sistema de Investigación y Desarrollo                                                                              |
| Redes y Subsistemas           | Proceso de manufactura; Sistema de Adquisición; Redes sociales; Difusión                                                                                                                |
| Contextual                    | Legado Histórico; Entorno Político Nacional; Nivel de desarrollo, país y tamaño del mercado                                                                                             |
| Resultados ( <i>Outputs</i> ) | Proceso de producción; Ventas; demanda del usuario final; Comercialización                                                                                                              |

Tabla 1. Listado por categorías de factores clave para los sistemas de innovación de defensa nacionales según el modelo de Cheung.

Estas categorías de factores se desarrollarán en mayor medida en el apartado de análisis con el objetivo de tratar en profundidad solo aquellos aspectos más relevantes para esta investigación.

Además, el modelo de Cheung define una tipología de resultados de innovación que nombra en los siguientes términos: imitación duplicativa, imitación creativa, adaptación creativa, innovación cruzada, innovación incremental, innovación arquitectónica, innovación de componentes e innovación disruptiva. La tipología de innovación que un sistema de innovación de defensa es capaz de producir la información acerca de la madurez de este siendo, a grandes rasgos, las primeras tipologías muestras de un sistema limitado y las últimas tipologías las de un sistema avanzado. La tipología de innovación más avanzada o de primer nivel, que solo los países con sistemas de innovación de defensa más desarrollados son capaces de producir, es la innovación disruptiva.

### 3. Metodología

Esta investigación comienza con una introducción al tema, a su relevancia actual y a la pregunta de investigación planteada. A continuación, se plantean algunas teorías y modelos sobre este ámbito de estudio con el objetivo de proporcionar un marco a la investigación y herramientas para el análisis y extracción de conclusiones.

Seguidamente se trata el programa de innovación que dio lugar al HGV DF-ZF. Tras valorar algunos de los aspectos más relevantes del mismo, se expone en dos figuras la estructura jerárquica del sistema de innovación de defensa de China, señalando los elementos involucrados en el desarrollo de este programa y detallando el papel desempeñado por los diferentes organismos. Para complementar esta información se proporciona una línea de tiempo del desarrollo del programa.

A continuación, se inicia el análisis de la investigación. Para ello se aplica la categorización de factores del modelo de Cheung para los sistemas de innovación en defensa. El análisis se lleva a cabo desarrollando la tipología de resultado y cada categoría de factores del programa DF-ZF.

Por último, se exponen las conclusiones con el objetivo de proporcionar información relevante sobre el sistema de innovación de defensa de China y cuáles son sus puntos fuertes y débiles en relación con su capacidad para desarrollar tecnología militar.

## 4. El programa de desarrollo del HGV DF-ZF

### 4.1 China y las armas hipersónicas

Hipersónico se considera que es por encima de Mach 5, es decir, que supere por más de cinco veces la velocidad del sonido, según se muestra en la figura 2.

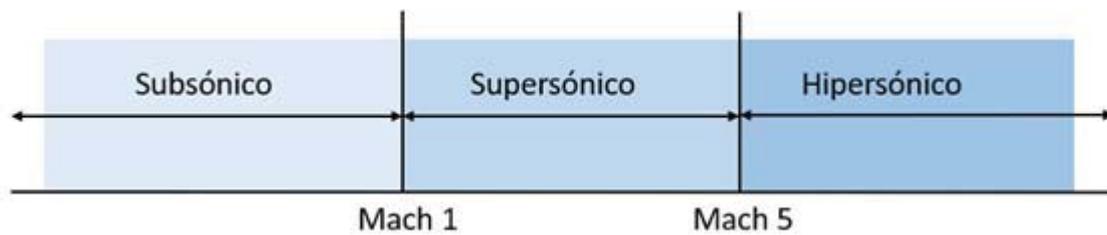


Figura 2. Rangos de velocidad en función del número Mach.

Existen dos tipos principales de misiles hipersónicos. Los vehículos de planeo hipersónico (HGV), que no tienen propulsión propia y por tanto necesitan ser liberados desde grandes altitudes para acelerar usando la gravedad y posteriormente planear usando la aerodinámica; y los que cuentan con un estatorreactor de combustión supersónica, mejor conocido como *scramjet* (del inglés: supersonic combustion ramjet). Estos reactores necesitan encontrarse a velocidades supersónicas para poder iniciarse, por lo que necesitan que un cohete o avión supersónico los libere a estas velocidades dentro de la atmósfera, sin necesidad de encontrarse a elevadas altitudes, y una vez en funcionamiento aceleran al misil hasta velocidades hipersónicas. Los vehículos de vuelo hipersónico con *scramjet* suponen un mayor desafío tecnológico que los HGV.

El DF-ZF, por ser un HGV, no cuenta con un *scramjet*, sino que es liberado a una gran altitud, por encima de la atmósfera, por el misil balístico DF-17<sup>1</sup>. El HGV DF-ZF es capaz de alcanzar y mantener velocidades hipersónicas y de maniobrar para modificar su trayectoria a medida que pierde altitud, tal y como se muestra en la Figura 3. Del ensayo de julio de 2021 fue especialmente característico que el HGV DF-ZF fuera puesto en órbita y diera una vuelta a la tierra antes de retornar a China. Esto significa que esta arma cumple los requisitos para ser contemplada como un sistema de bombardeo de órbita fraccionada (FOBS, del inglés: fractional orbital bombardment system).

Este término viene heredado de la época de la Guerra Fría, y consiste en establecer en órbita baja un sistema de armas que sea capaz de frenarse y caer sobre la tierra en el momento deseado, sin completar su órbita, y por ello fraccionada. De esta forma es difícil conocer el objetivo del misil hasta que este no ha comenzado su descenso, se puede hacer pasar el misil cerca de los polos para dificultar su detección y además mantiene una altitud máxima mucho más baja que el apogeo de los misiles intercontinentales que dibujan una trayectoria balística.

Cabe señalar que los misiles balísticos con alcances intercontinentales vuelan a velocidades hipersónicas durante partes de su vuelo. En lo que se diferencian los sistemas de armas hipersónicos de nueva generación es en la capacidad de mantener estas velocidades durante periodos prolongados y alcanzar un alto grado de maniobrabilidad. Para lograr estas capacidades los principales desafíos técnicos son el diseño integral y las tecnologías de materiales, pruebas, navegación y validación de los vuelos (Cai y Xu, 2012).

<sup>1</sup> El DF-17 es un misil balístico de alcance medio, que puede ser lanzado desde una plataforma móvil y tiene un alcance de 2500 km. Se conoce que el HGV DF-ZF ha sido diseñado para ser lanzado con este tipo de misil, pero se desconoce si este misil logró poner en órbita al HGV DF-ZF o cuál fue el misil balístico o cohete que llevó a cabo el lanzamiento del 27 julio de 2021.

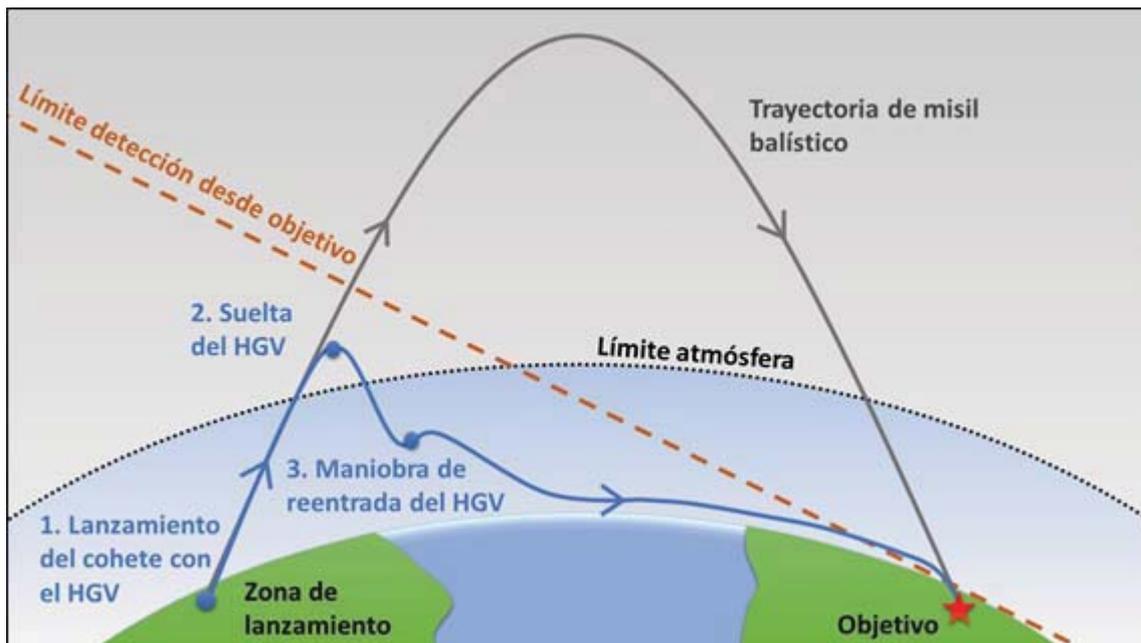


Figura 3. Gráfico de la trayectoria seguida por un HGV.

El vuelo hipersónico a través de la atmósfera, incluso a gran altitud, genera enormes cantidades de calor, pudiendo alcanzarse los 1.000 °C. Además, al regresar a través de la atmósfera el HGV experimenta fuerzas muy intensas, de igual forma que cuando realiza maniobras de frenado para mejorar su precisión o evadir la interceptación de los sistemas defensivos. Por ello, los vehículos hipersónicos deben poseer una estructura muy resistente que a la vez se mantenga suficientemente ligera y que no aumente en exceso su sección transversal, este último con el objetivo de reducir su detección radar. Además, el vuelo hipersónico atmosférico genera ondas de plasma que interfieren con las señales de comunicación necesarias para controlar y corregir la trayectoria del HGV.

Aunque se considere una tecnología punta, el vuelo hipersónico controlado ha sido objeto de estudio en Estados Unidos y la URSS desde la década de los cincuenta. Se estima que los laboratorios estatales chinos han estado estudiando el vuelo hipersónico como parte de su programa de desarrollo de misiles balísticos desde la década de los sesenta, pero que este se mantuvo a un nivel teórico debido a lo limitado de los recursos disponibles (Wood y Cliff, 2020).

Hoy en día Estados Unidos tiene proyectos en fase avanzada de misiles hipersónicos con *scramjet* como el X-51<sup>a</sup>, cuyos primeros ensayos se llevaron a cabo en 2010. Rusia, en cambio, tiene ya desarrollados al menos dos sistemas de armas hipersónicos, el HGV Kinzhal desde 2017 y el misil equipado con *scramjet* *Avangard* desde 2019. Rusia comenzó ensayos con misiles hipersónicos en 2011 (Solem y Montague, 2016: 6-11). En cambio, el primer ensayo del HGV DF-ZF chino se llevó a cabo en 2014<sup>2</sup> y en 2019 fue declarado operativo por las autoridades chinas. El programa de desarrollo del

2 El primer ensayo del DF-ZF no fue explicado por las autoridades chinas y el Departamento de Defensa de Estados Unidos nombró al prototipo de misil detectado: WU-14, por haber sido lanzado desde unas instalaciones del Condado de Wuzhai en 2014. Por esta razón, puede encontrarse información con relación al DF-ZF bajo la denominación de WU-14.

HGV DF-ZF ha sido el más corto de los programas de misiles hipersónicos que se conocen hasta la fecha, contando desde el inicio de los ensayos en vuelo hasta su puesta operacional. Además, China está desarrollando un vehículo de vuelo hipersónico con *scramjet* llamado Xingkong-2 (星空, Xīngkōng, «cielo estrellado») que realizó un vuelo de ensayo de más de 400 segundos en agosto de 2018, y se espera que esté operativo para el EPL alrededor de 2025 (Hwang y Huh, 2020: 731-743).

Una característica especial del programa de desarrollo del HGV DF-ZF es la necesidad paralela de desarrollo de instalaciones de túneles de viento hipersónicos. En China se han construido numerosos túneles de viento en la última década, pero resulta importante destacar el JF-12, completado en 2017 y en la actualidad el túnel de viento más grande y de mejores prestaciones del mundo (Wood y Cliff, 2020).

#### 4.2. *El programa dentro del sistema de innovación de defensa de China*

En las Figuras 4 y 5 se muestra el organigrama simplificado del sistema de innovación de defensa de China. En ellas pueden observarse los organismos, instituciones o empresas públicas más relevantes de China en materia de innovación tecnológica de defensa, desglosadas de forma ordenada desde el liderazgo del PCCh y de la Presidencia del Estado.

La razón de que existan dos organigramas es debido a que la estructura gubernamental del país se divide en dos, Partido y Estado. En China el PCCh es el organismo dominante y el que ostenta el poder político. Sin embargo, los ministerios e instituciones están imbuidos en la jerarquía de la Presidencia, bajo el Consejo de Estado. En cambio, bajo el amparo directo del PCCh y su secretario general se encuentra la Comisión Militar Central (CMC), de la que descuelga la estructura del EPL. En teoría, también existe control de la CMC por parte del Consejo de Estado, pero el enlace existente es meramente simbólico.

Las estructuras de las Figuras 4 y 5 han alcanzado más o menos escalones de desglose según fuera de mayor o menor interés mostrar las entidades dependientes. Por esta razón, de las ramas del EPL solamente la Fuerza de Apoyo Estratégico queda desglosada, para mostrar su elevada actividad académica investigadora, así como su participación en el programa espacial chino. En la estructura dependiente del Estado se muestra hasta el nivel de ministerio, academia o empresa pública, salvo en el caso del Ministerio de Industria y Tecnologías de la Información, que alberga algunas de las entidades más relevantes para la innovación tecnológica militar de China. Estas figuras no muestran todos los ministerios, academias, universidades, órganos del CMC y empresas públicas de China, sino solamente aquellos organismos en los que se aprecia colaboración y participación en el sistema de innovación de defensa de China.

Dentro de estas estructuras los organismos señalados en color naranja son aquellas entidades directamente involucradas en el programa de desarrollo del HGV DF-ZF y que son explicados a continuación. Los organismos que no están resaltados en naranja son aquellos que forman parte del sistema de innovación de defensa de China, pero no han contribuido de forma directa en el programa DF-ZF.



Figura 4. (A) Sistema de innovación de defensa de China, jerarquía del PCCh.

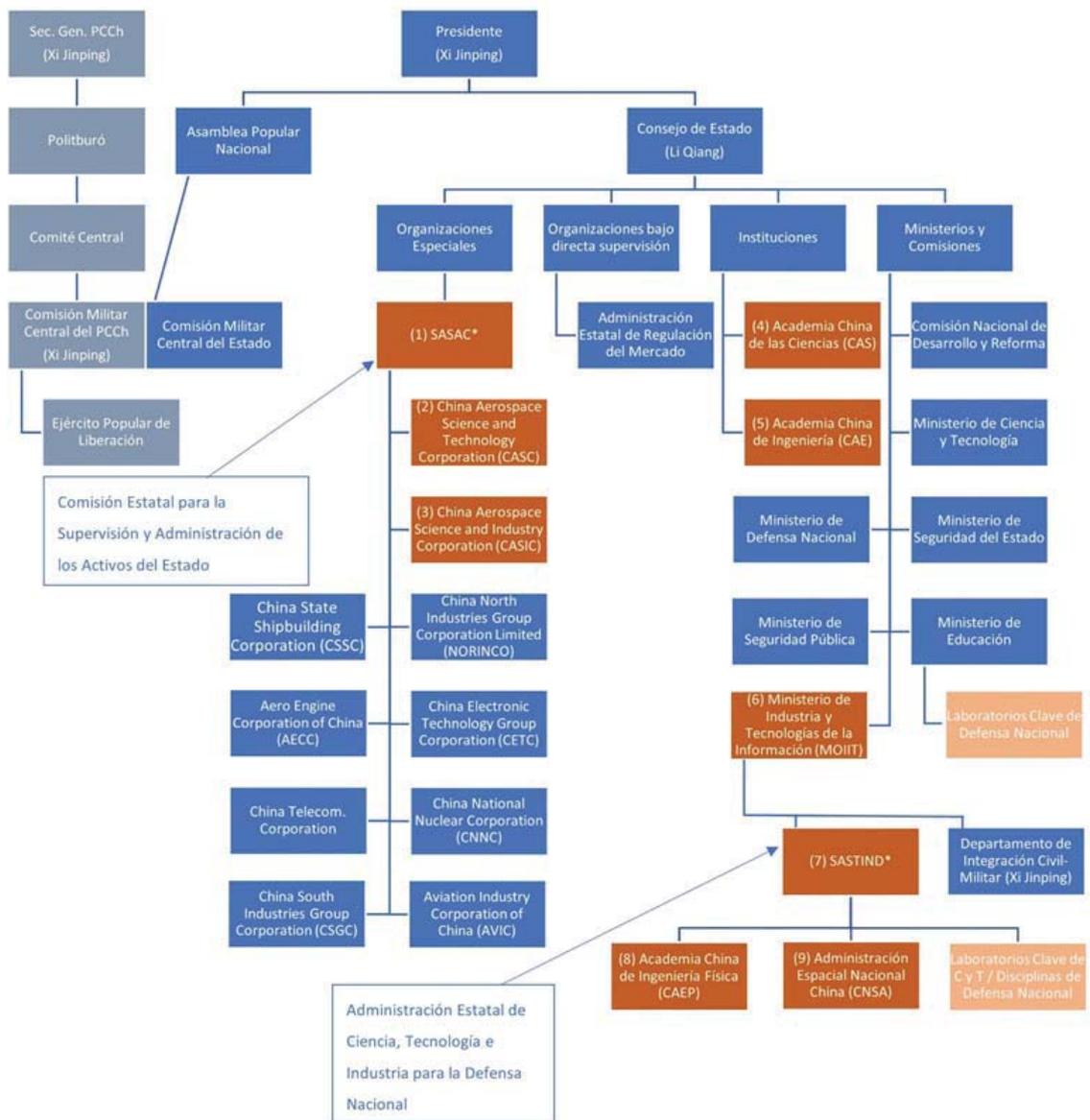


Figura 5. (B) Sistema de innovación de defensa de China, jerarquía de la presidencia del Estado.

#### 4.2.1. Estructura A: Jerarquía del PCCh<sup>3</sup>

1. Comisión Militar Central del PCCh (CMC) / Central Military Commission of the CCP (CMC) / 中国共产党中央军事委员会

Es la máxima organización de defensa nacional de la República Popular China y está encabezada por Xi Jinping.

2. Ejército Popular de Liberación (EPL) / People's Liberation Army (PLA) / 中国人民解放军

Las Fuerzas Armadas Chinas, desglosadas en seis ramas de servicio.

3. Comisión de Ciencia y Tecnología de la CMC / CMC Science and Technology Commission / 中央军事委员会科学技术委员会

Organiza y guía la innovación tecnológica militar determinando las prioridades a largo plazo. Se afirma que ha asumido la dirección del proyecto DF-ZF en el ámbito de las fuerzas armadas, así como la coordinación de esfuerzos en los distintos campos de investigación (Wood y Cliff, 2020).

4. Universidad Nacional de Tecnología de la Defensa / National University of Defense Technology (NUDT) / 国防科技大学

Universidad nacional bajo la dirección de la CMC y supervisión del Ministerio de Defensa Nacional y el Ministerio de Educación, por lo que ha recibido grandes inversiones del ejército y del Estado. La investigación de la NUDT incluye investigación básica, investigación en tecnologías punteras e investigación de aplicación para Defensa. Fue fundamental en el desarrollo de la supercomputadora Tianhe-2. Su plantilla incluye a personal miembro de la Academia China de las Ciencias y de la Academia China de Ingeniería, así como personal proveniente del «Plan Diez Mil Talentos», que es un programa del gobierno central para reclutar expertos en ciencia y tecnología del extranjero principalmente perteneciente a comunidades chinas.

En el caso del programa DF-ZF se afirma que la Facultad de Ciencias e Ingeniería Aeroespacial (College of Aerospace Science and Engineering (CAESE) / 航天科学与工程学院) del NUDT ha sido una institución académica clave para la investigación de materiales, diseño y propulsión. Además, Wang Zhenguó, ingeniero jefe adjunto del «Proyecto de Ciencia y Tecnología de Vehículos de Vuelo Hipersónico» de China (高超声速飞行器科技工程), fue alumno y miembro de la facultad durante muchos años (Wood y Cliff, 2020).

---

3 Debido a que se dan casos de traducciones diferentes o erróneas e incluso de equivocaciones entre organismos con nombres similares para los organismos analizados se incluyen los nombres en su versión más frecuente del inglés así como su denominación oficial en chino mandarín.

### Fuerza de Misiles del EPL / PLA Rocket Force (PLARF) / 火箭军

Es la rama del EPL que opera los medios DF-17 y DF-ZF. Sin embargo, no se ha recabado implicación alguna en el proceso de innovación del programa más allá del empleo de los sistemas. Tampoco se ha percibido información sobre implicación de otras ramas de servicio del EPL en el programa, incluida la Fuerza de Apoyo Estratégico pese a que esta tiene instituciones de investigación relacionadas con el espacio.

#### 5. Otros comentarios sobre la estructura A:

No se ha detectado ningún comentario sobre involucración o directivas emitidas por la Comisión Central para el Desarrollo de la Integración Militar y Civil, que está dirigida por el propio Xi Jinping desde su creación en 2017 y a la que se tiende a dar mucho peso por ser considerado el órgano de mayor relevancia bajo la política de fusión civil-militar.

Tampoco se ha detectado participación de otros órganos relevantes de la CMC como el Departamento de Desarrollo de Equipos, del que se dice que es responsable de investigación, desarrollo y adquisición de sistemas de armas para el EPL.

#### 4.2.2. Estructura B: Jerarquía del Estado

##### 1. Comisión Estatal para la Supervisión y Administración de los Activos del Estado / State-owned Assets Supervision and Administration Commission (SASAC) / 国务院国有资产监督管理委员会

Administra las empresas de propiedad estatal para las que nombra altos ejecutivos, aprueba fusiones, ventas de acciones o activos y redacta normas.

##### 2. China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC) / 中国航天科技集团公司

Es una gran empresa de propiedad estatal con multitud de subsidiarias dedicadas al ámbito de defensa y el espacio y es, de hecho, el principal contratista del programa espacial chino. Originalmente fue constituido en 1956 y tras numerosas reformas es a finales de los 90 cuando se constituye en lo que es ahora. CASC es la empresa donde se ha desarrollado y producido el HGV DF-ZF, el cohete DF-17 y donde se está desarrollando el prototipo de misil hipersónico con *scramjet* Xingkong-2. Por tanto, es el organismo más importante del programa hipersónico chino. Dos entidades dependientes de CASC son las responsables del programa DF-ZF:

En primer lugar, la China Academy of Aerospace Aerodynamics (CAAA) / 中国航天空气动力技术研究院, también conocida por los nombres: China Academy of Aerospace Technology / 11<sup>th</sup> Academy of CASC / 10<sup>th</sup> Research Institute of CALT / Near Space Flight Vehicle Research Institute / Beijing Institute of Aerodynamics (BIA) / 701 Institute of CASC.

Según un informe para la Comisión de Revisión Económica y de Seguridad de EE. UU. y China (Stokes y Cheng, 2012), la CAAA fue reorganizada en 2004 con la misión de centrarse de manera exclusiva en vehículos hipersónicos que operan en el ámbito del espacio cercano (entre 20 y 100 km de altitud). En la CAAA se ha desarrollado el vehículo hipersónico DF-ZF, así como el prototipo del Xingkong-2. Para ello la CAAA opera por lo menos tres túneles de viento hipersónicos que ayudan a determinar las propiedades de las aeronaves que viajan a velocidades hipersónicas. Estos son el FD-02, FD-03 y FD-07. Se cree que el FD-02 es capaz de generar un rango simulado de Mach 3,5 a 8, mientras que el FD-03 y el FD-07 pueden simular velocidades de entre Mach 5 a 10 y Mach 5 a 12 respectivamente (Ng, 2022).

La segunda entidad involucrada es la China Academy of Launch Vehicle Technology (CALT) / 中国运载火箭技术研究院, también conocida por el nombre: CASC First Academy.

La CALT es la entidad más grande de China involucrada en el desarrollo y fabricación de vehículos de lanzamiento espacial y sistemas de misiles balísticos. Ha desarrollado los cohetes Larga Marcha, del programa espacial tripulado chino, así como el misil balístico DF-17, capaz de transportar el HGV DF-ZF. A través de la CALT se han realizado los ensayos de lanzamiento del HGV DF-ZF, todos ellos desde las instalaciones de Jiuquan Satellite Launch Center, en el Condado de Wuzhai, que también es uno de los lugares de lanzamiento de los cohetes Larga Marcha.

3. China Aerospace Science and Industry Corporation (CASIC) / 中国航天科工集团有限公司

CASIC es la empresa gemela de CASC, de la que se separó en el año 2001 con el objetivo de aumentar la competitividad y con la que comparte el ámbito de defensa y el espacio. La participación de CASIC en el programa del HGV DF-ZF parece reducirse a proporcionar el combustible para los cohetes de lanzamiento a través de la entidad CASIC Delivery Technology Technical Research Institute (Ng, 2022).

4. Academia China de las Ciencias / Chinese Academy of Sciences (CAS) / 中国科学院

Funciona como el *think tank* científico nacional y el órgano de gobierno académico, proporcionando servicios de asesoramiento y evaluación en temas como la economía nacional, el desarrollo social y el progreso de la ciencia y la tecnología. Con cientos de institutos y decenas de miles de investigadores es la organización de investigación más grande del mundo y ha sido clasificada como el mayor instituto de investigación del mundo por Nature Index.

La participación de la CAS en el programa DF-ZF aparece a través de su Instituto de Mecánica y más específicamente desde uno de los centros de investigación de este, el Laboratorio Estatal Clave de Dinámica de Gases a Alta Temperatura (State Key

Laboratory for High Temperature Gas Dynamics (LHD) / 高温气体动力学国家重点实验室).

Según la página web del Instituto, el LHD es una base de investigación abierta dedicada a la investigación teórica innovadora, experimentos en túneles de viento y simulaciones numéricas sobre dinámica de gases a alta temperatura y su objetivo es investigar las características de la capa límite hipersónica y la teoría de la configuración aerodinámica para resolver la optimización integrada del vehículo y el control de vuelo de los vehículos hipersónicos.

El Instituto de Mecánica de la CAS posee además desde el año 2012 el túnel de viento hipersónico JF12, el de mejores prestaciones del mundo en cuanto a elevadas temperaturas y tiempo de permanencia en ellas. Este instituto está también desarrollando el JF22, que incrementará aún más las posibilidades de investigación en vuelo hipersónico. Según un artículo de la revista del Center for Strategic and International Studies, el Instituto de Mecánica también llevó a cabo en 2018 pruebas de caída desde globos de gran altitud de diferentes modelos de perfil de vehículo hipersónico (Molenda, 2018).

Se considera que el LHD y sus investigaciones con túneles de viento han sido un componente clave del proyecto de vehículos de vuelo hipersónico chinos y, por tanto, del programa de desarrollo del HGV DF-ZF. En el año 1999, Jiang Zonglin, uno de los expertos chinos más destacados en tecnología hipersónica, fue traído de vuelta a China con el «Programa Cien Talentos», y establecido como director del LHD. A él se atribuye la concepción, diseño e implementación del túnel de viento JF12 (Wood y Cliff, 2020).

5. Academia China de Ingeniería / Chinese Academy of Engineering (CAE) / 中国工程院

Es la academia nacional de ingeniería de la República Popular China y ofrece consultoría al Estado sobre los principales programas, planes, directrices y políticas. La contribución principal de esta academia se estima que ha sido en el desarrollo de cerámicas resistentes al calor. En 2017 un equipo de investigación del Laboratorio Estatal Clave de Metalurgia de Polvos (State Key Laboratory for Powder Metallurgy / 粉末冶金国家实验室) de la University of Central South China liderado por dos miembros de la CAE, anunció un avance en los revestimientos cerámicos necesarios para los vehículos hipersónicos. El equipo descubrió un material compuesto de circonio, titanio, boro y carbono capaz de soportar temperaturas de hasta 3.000 grados centígrados (Xinhua News Agency, 2017).

6. Ministerio de Industria y Tecnologías de la Información / Ministry of Industry and Information Technology (MOIIT) / 中华人民共和国工业和信息化部

Administra las ramas industriales y la industria de la información del país. Determina la planificación industrial, promueve el desarrollo de los principales equipos tecnológicos y la innovación en el sector de la comunicación y la seguridad

de la información de China. Del MOIIT dependen organizaciones tan relevantes como la SASTIND y el Departamento de Integración Civil-Militar (Civil-Military Integration Department / 军民结合推进司). Este último está directamente presidido por Xi Jinping, lo que resalta la importancia de la política de fusión civil-militar del Gobierno chino, pero se desconoce si ha tenido alguna involucración en el programa DF-ZF.

7. Administración Estatal de Ciencia, Tecnología e Industria para la Defensa / State Administration of Science, Technology and Industry for National Defense (SASTIND) / 国家国防科技工业局

Se le considera uno de los organismos más influyentes en la promoción y aplicación de las iniciativas científicas y tecnológicas de China al ámbito de defensa. Sus principales responsabilidades son armas nucleares, tecnología aeroespacial, aviación, armamento, embarcaciones y electrónica. Su objetivo es fortalecer a las Fuerzas Armadas con equipos modernos y avanzados.

La SASTIND ha aportado al programa DF-ZF de varias formas. En primer lugar, por los programas de creación de laboratorios nacionales de investigación de ámbito militar en universidades civiles y militares; en segundo lugar, por la Academia China de Ingeniería Física (8); y, en tercer lugar, porque de ella depende la Administración Espacial Nacional China (9).

En cuanto a los laboratorios nacionales de investigación, los hay de tres tipos: Laboratorios Clave de Ciencia y Tecnología de Defensa Nacional (国防科技重点实验室), Laboratorios de Disciplinas Clave de Defensa Nacional (国防重点学科实验室) y los Laboratorios Clave de Defensa Nacional (教育部国防重点实验室). La SASTIND trabaja para el establecimiento de laboratorios de investigación de defensa, financiar áreas de investigación relacionadas con la defensa y facilitar la participación en proyectos militares. Es una de las principales herramientas para impulsar la integración de las universidades en el sistema de investigación de defensa. El primero de los citados son los mejores financiados y más prestigiosos y el tercer tipo son dependientes del Ministerio de Educación en vez del SASTIND, pero con idénticos objetivos (Joske, 2019: 8-11).

8. Academia China de Ingeniería Física / China Academy of Engineering Physics (CAEP) / 中国工程物理研究院

La CAEP es el principal centro de investigación y producción del programa de armas nucleares chino y es supervisado por el SASTIND y la CMC. En cuanto al programa DF-ZF, cabe destacar que este organismo posee en el complejo de Mianyang unas instalaciones de túneles de viento hipersónicos con hasta ocho grandes túneles y en las que se asume que se han hecho investigaciones para los programas de vehículos hipersónicos chinos (Wood y Cliff, 2020). Además, se afirma que el HGV DF-ZF tiene capacidad de portar cabeza nuclear, por lo que no es descartable la participación de la CAEP en este ámbito.

9. Administración Espacial Nacional China / China National Space Administration (CNSA) / 中国国家航天局

Responsable de la administración del espacio civil y la cooperación espacial internacional. La ejecución de los programas espaciales no son su responsabilidad, que recae en cambio sobre CASC y la Agencial Espacial Tripulada de China (que depende del CMC).

CASC y la CNSA tienen sus orígenes en una organización común llamada China Aerospace Corporation, que se fraccionó a finales de los 90 dando lugar a estas dos entidades por separado. Ello explica que CASC sea el principal contratista de la CNSA; que los ensayos del programa DF-ZF se llevaran a cabo en las instalaciones de la CNSA, el Jiuquan Satellite Launch Center; y que el CASC llevara a cabo un ensayo en el julio de 2021 que pusiera en órbita fraccional al HGV DF-ZF.

10. Otros comentarios sobre la estructura B:

Existen algunos indicios de que el sistema de innovación de defensa de China se ha beneficiado de la cooperación con otros países. Por ejemplo, se conoce que en 2017 la University of Central South China anunció un acuerdo de colaboración con la Universidad de Manchester del Reino Unido para desarrollar conjuntamente un nuevo tipo de material de revestimiento cerámico para usar en aeronaves hipersónicas y naves espaciales (Joske, 2018).

Por lo general se afirma que, en el contexto del programa de vehículos de vuelo hipersónico de China, la actividad de patentes y publicaciones más relevante se concentra en el propio ecosistema nacional chino de I+D y no en el resultado de colaboraciones internacionales (BluePath Labs y Chambers, 2022).

#### 4.3. Línea temporal del programa

El conocido como *Proyecto de Ciencia y Tecnología de Vehículos de Vuelo Hipersónico* (高超声速飞行器科技工程) se inicia en el marco del *Plan Nacional de Desarrollo de Ciencia y Tecnología a Mediano y Largo Plazo (2006-2020)* (国家中长期科学技术发展规划纲要). Tan solo dos años antes, en 2004, un grupo de ingenieros aeroespaciales chinos de alto nivel, encabezados por el veterano investigador Liu Xingzhou, había realizado una propuesta al alto mando acerca del desarrollo de vehículos de vuelo hipersónico. Algunos informes también afirman que la investigación en el ámbito hipersónico comenzó a recibir financiación con el establecimiento de los programas 863 y 973, llamados así por haber sido establecidos en marzo de 1986 y 1997 respectivamente, mucho antes del inicio oficial del proyecto de vehículos de vuelo hipersónico (Wood y Cliff, 2020).

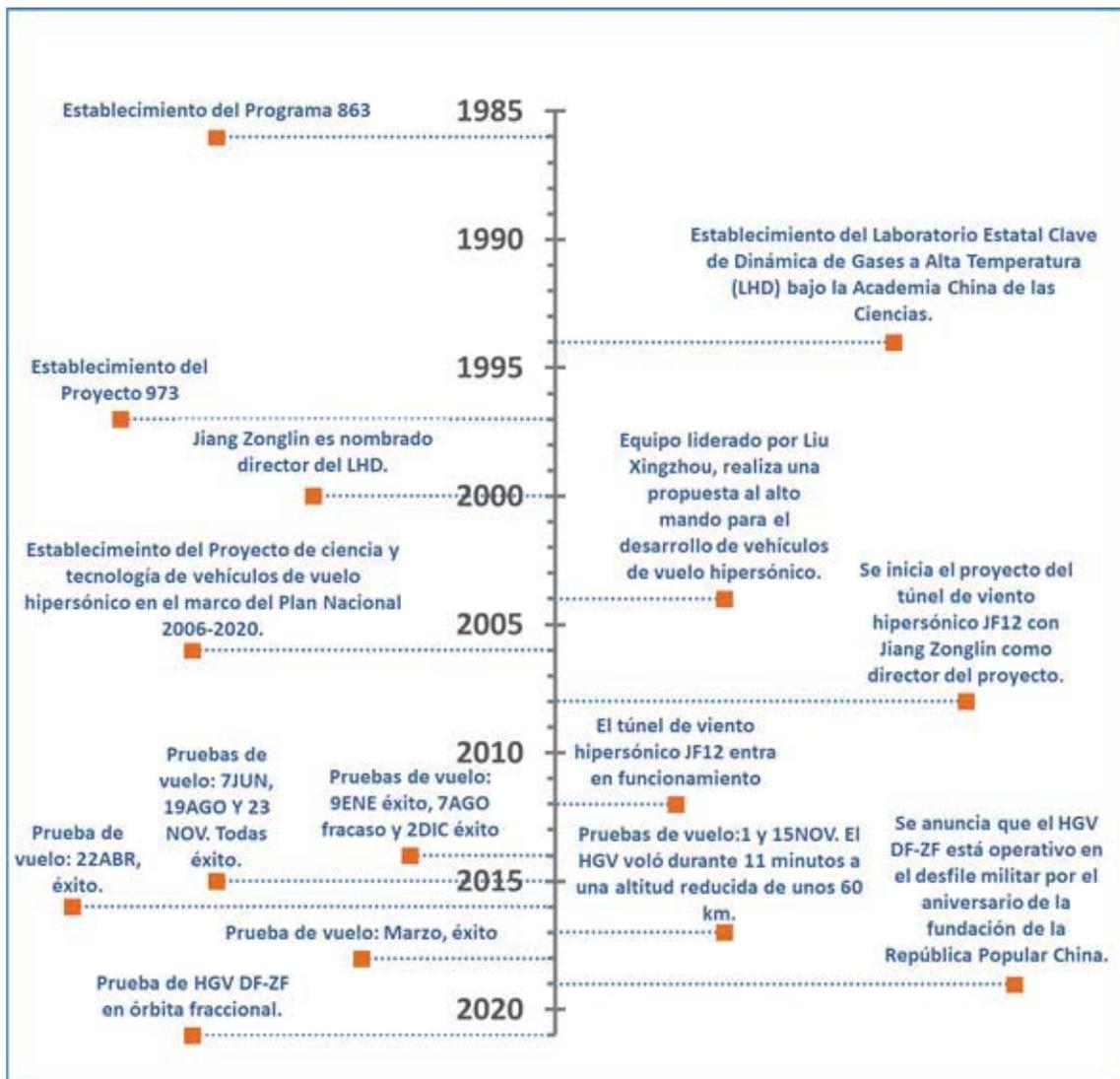


Figura 6. Línea temporal del programa de desarrollo del HGV DF-ZF.

Nota. Elaboración propia con datos provenientes de China Brief, Washington Free Beacon, China Aerospace Studies Institute y The Diplomat.

### 5. Análisis en aplicación del modelo de factores de Cheung

Para llevar a cabo el análisis de esta investigación se va a emplear como herramienta el modelo de Cheung (2021: 775-801) sobre los sistemas de innovación de defensa nacionales. En este modelo se especifican un conjunto de categorías de factores claves definidos como los responsables de la generación de innovación tecnológica militar, así como las relaciones entre ellos y una tipología de los resultados de innovación.

En primer lugar, se analiza la tipología de resultado de innovación del programa que desarrolló el HGV DF-ZF y a continuación cada una de las categorías de factores claves. El análisis está limitado por la disponibilidad de información del caso de estudio.

### 5.1. Tipología de resultados

El modelo de Cheung define una tipología de resultados de innovación de ocho niveles, que nombra en los siguientes términos: imitación duplicativa, imitación creativa, adaptación creativa, innovación cruzada, innovación incremental, innovación arquitectónica, innovación de componentes e innovación disruptiva. La tipología de innovación que un sistema de innovación de defensa es capaz de producir da información acerca de la madurez de este siendo, a grandes rasgos, las primeras tipologías muestras de un sistema más limitado y las últimas tipologías las de un sistema más avanzado.

El fruto del programa DF-ZF es la creación de un sistema de misil balístico con vehículo de planeo hipersónico (HGV) que tras haber superado diversos ensayos ha sido puesto en operación. Además, desde que se iniciaron las primeras pruebas de vuelo de este programa el 9 de enero de 2014 hasta que se anunció que el HGV DF-ZF, era un sistema operativo el 1 de octubre de 2019 transcurrieron tan solo cinco años, siendo este el programa de misil hipersónico más corto conocido. El programa deja también un abanico de infraestructura puntera en China para la investigación en tecnología hipersónica como son los túneles de viento.

La tecnología desarrollada para este sistema de armas ha consistido en un incremento de la técnica y el conocimiento en varias áreas científicas, principalmente: la gestión del calor, la aerodinámica, la resistencia a fuerzas G y la navegación. Recordemos que muchos de los misiles balísticos desarrollados por China con anterioridad, experimentaban condiciones hipersónicas en partes de su vuelo, por lo que estos ámbitos de investigación no son nuevos. Lo que diferencia al HGV DF-ZF es la capacidad de mantener velocidades hipersónicas durante periodos prolongados y tener un alto grado de maniobrabilidad y control, lo que ha requerido avances científicos significativos.

El DF-ZF, por ser un HGV no cuenta con un *scramjet*, lo cual sí representaría un avance en cierta manera rompedor, ya que este tipo de reactores suponen un gran reto y una novedad entre los sistemas de armas modernos. En China se avanza en el desarrollo de vehículos hipersónicos con *scramjet*, pero hoy en día el sistema de arma hipersónico que China tiene operativo es el del tipo menos complejo, los HGV.

Por estas razones, se concluye que existen dos tipologías de resultado de innovación de entre las que define Cheung que son las que más características comparten con el programa DF-ZF. Se trata de la innovación incremental y la innovación de componentes.

Para Cheung la innovación incremental, la quinta en la escala de ocho, es la actualización o mejora limitada de los sistemas y procesos existentes desarrollados localmente. La innovación incremental también puede ser la actualización gradual de un sistema a través de la introducción de subsistemas mejorados. En cambio, la innovación de componentes, la séptima en la escala de ocho, implica el desarrollo de nueva tecnología de componentes que se pueden instalar en la arquitectura del sistema existente. La innovación de componentes hace hincapié en las capacidades

de innovación dura, como instalaciones avanzadas de I+D, un cuadro de científicos e ingenieros experimentados e inversiones a gran escala.

El programa DF-ZF se quedaría próximo pero no llegaría a considerarse el nivel de innovación más avanzado, la octava tipología de resultado de innovación, que es la innovación disruptiva. Para Cheung esta requiere avances importantes tanto en la tecnología como en la arquitectura de nuevos componentes y solo lo pueden alcanzar los países con capacidades y personal de investigación y desarrollo de primer nivel mundial junto con grandes recursos financieros y la voluntad de asumir el riesgo de fracaso.

Se considera, por tanto, que en el caso del programa DF-ZF, el sistema de innovación en defensa de China ha demostrado una alta capacidad de resultados innovadores, alcanzando innovación de un grado de complejidad de nivel 5-7 sobre 8.

### *5.2. Factores catalizadores*

Los factores catalizadores son: apoyo de liderazgo de alto nivel, entorno de amenazas externas y oportunidades revolucionarias de avances de productos o procesos. Según Cheung, los catalizadores son la chispa que enciende la innovación de carácter más disruptivo.

Estos factores son principalmente externos al sistema de innovación de defensa y darían pie a toda una investigación por sí mismos por lo que solo se señalarán algunos de los aspectos más relevantes para este caso de estudio.

No cabe duda de que en China los avances tecnológicos en el ámbito hipersónico gozan de respaldo de alto nivel del país. Así lo muestra la continua aprobación de planes y programas de alto nivel de desarrollo tecnológico y la asignación de grandes partidas monetarias que se ven reflejadas en el abundante número de organizaciones y empresas participantes, así como la infraestructura desarrollada de túneles de viento de primera categoría.

En cuanto al entorno de amenazas externas, la instalación de sistemas antimisiles en territorios cercanos a China como Corea del Sur, Japón o la isla de Guam han propiciado que China haya visto amenazados sus intereses (Solem y Montague, 2016: 6-11). Estos hechos, según el modelo de Cheung y la Teoría de la Amenaza-Capacidad de Schmid, han servido como catalizador para el sistema de innovación de defensa de China en el desarrollo de tecnologías hipersónicas. El misil con capacidad hipersónica DF-17 está diseñado para atacar bases y flotas enemigas en el Oeste del Pacífico, según se afirma en un informe del Departamento de Defensa de Estados Unidos para el Congreso de su país sobre seguridad y el ejército chino (Office of the Secretary of Defense, 2022).

En cuanto a oportunidades revolucionarias de innovación, se puede considerar que lo más cercano a este respecto han sido los avances en las prestaciones de los túneles

de viento que han permitido que se investigue y avance enérgicamente en la ciencia en torno a las tecnologías hipersónicas.

Por tanto, los factores catalizadores han sido óptimos para que el sistema de innovación de defensa de China desarrollara el programa DF-ZF.

### 5.3. Factores de insumos

Los factores de insumos (*inputs*) son: transferencias de tecnología extranjera, entradas de recursos (asignaciones del presupuesto estatal, inversiones en el mercado de capitales), capital humano y la integración civil-militar. Son, por tanto, las contribuciones que fluyen al sistema de innovación de defensa.

En el caso del programa DF-ZF, las transferencias de tecnología extranjeras son una aportación marginal al programa, conociéndose solamente una colaboración internacional entre universidades, la de la University of South Central China con la Universidad de Manchester del Reino Unido. El programa está claramente financiado por asignación de dinero público y llevado a cabo por entidades públicas. Siguiendo el modelo de Cheung, el gran ausente en este proyecto son las inversiones de capital privado. En el caso del programa DF-ZF, el sistema de innovación de defensa de China no contó apenas, por lo menos a alto nivel, con la dinamización y la eficiencia que aporta la participación del sector privado. Se desconoce cuánto dinero público ha sido invertido en el proyecto, sin embargo, las inversiones públicas han sido eficaces y el tiempo empleado en el programa DF-ZF ha sido relativamente corto.

En cuanto al capital humano, se ha podido conocer que los programas de captación de talentos chinos en el extranjero han sido relevantes, por ejemplo, en el personal investigador de la NUDT, la CAS y más específicamente a la hora de fichar al experto Jiang Zonglin para dirigir el Laboratorio Estatal Clave de Dinámica de Gases a Alta Temperatura, así como el proyecto de desarrollo del túnel de viento hipersónico JF12. Por un lado, esto muestra que en China hay necesidad de contratación de expertos que se han formado fuera del país, pero, por otro lado, muestra que en China hay estrategias eficaces a la hora de recuperar ese talento.

Se desconoce si han existido iniciativas para la integración civil-militar en el seno del programa DF-ZF, sin embargo, se ha podido constatar: la participación de algunos laboratorios que investigan en el ámbito de defensa desde universidades civiles, como, por ejemplo: el Laboratorio Estatal Clave de Metalurgia de Polvos; la participación de la NUDT, que colabora en programas de ámbito dual como el de supercomputadoras; y la participación de la CALT, que produce los cohetes Larga Marcha para el programa espacial chino tripulado y también los misiles balísticos DF-17 que acarrean los HGV DF-ZF. Los laboratorios establecidos por el SASTIND y el Ministerio de Educación son una de las herramientas principales para integrar a universidades y a diferentes organismos civiles con el ámbito militar (Joske, 2019: 8-II).

Según el marco teórico de Cheung, los sistemas de innovación de defensa *en desarrollo* se caracterizan por una alta repercusión de las transferencias de tecnología y factores que enfatizan la importancia del papel del Estado, como las agencias gubernamentales. En cambio, un sistema de innovación en defensa *avanzado* se caracteriza por factores de abajo hacia arriba, como la preeminencia del mercado, incentivos que respalden asumir riesgos, la protección de la propiedad intelectual y organizaciones que alientan las actividades de mercado e investigación como corporaciones y universidades.

El sistema nacional de defensa de China en el caso del programa DF-ZF no se ajusta a ninguna de estas dos definiciones, ya que ni las transferencias de tecnología ni el empuje del mercado privado han tenido un papel prioritario. El sistema nacional de defensa de China ha tenido éxito en el desarrollo de este programa pese a no contar con una significativa participación de empresas privadas y basarse casi enteramente sobre organizaciones públicas. Además, estas han sido capaces de generar innovación sin necesidad de contar con elevados aportes de transferencia de tecnología.

#### 5.4. Factores Institucionales

Los factores institucionales son: planes y estrategias, régimen normativo, incentivos, normas de gobernanza, relaciones estado-mercado.

El sistema de innovación de defensa de China está muy determinado por las características políticas de China. El PCCh ejerce el control sobre el sistema, dicta las prioridades y distribuye los medios para que se lleven a cabo. Para ello las autoridades chinas lanzan programas de desarrollo tecnológico, tanto temporales como indefinidos. El programa DF-ZF es un resultado claro del *Plan Nacional de Desarrollo de Ciencia y Tecnología a Mediano y Largo Plazo (2006-2020)* y del *Proyecto de Ciencia y Tecnología de Vehículos de Vuelo Hipersónico* que se formó como consecuencia.

En este caso no parece que tengan una influencia importante las relaciones estado-mercado y se observa un claro dominio de la iniciativa arriba-abajo del gobierno.

#### 5.5. Factores Organizacionales

Las organizaciones son los principales actores dentro del sistema de innovación de defensa y son estructuras formales con un propósito explícito y creados conscientemente. Incluyen empresas, agencias estatales, universidades, institutos de investigación y una diversa gama de unidades organizacionales. También pueden intervenir otro tipo de actores, como los particulares.

Tal y como se muestra en las Figuras 4 y 5, la participación del sistema de innovación de defensa de China en el programa DF-ZF proviene de organismos públicos de diferentes ámbitos. Es reseñable que en el desarrollo de este programa

hayan participado organismos tanto dependientes de la CMC como del Consejo de Estado, lo que muestra coordinación entre ambas grandes escalas jerárquicas.

Dentro del EPL se observa la involucración de organismos de coordinación y de organismos académicos, pero no de la Fuerza de Misiles, encargada de operar el sistema. Bajo el Consejo de Estado se observa la participación de organismos de coordinación, de ministerios, de múltiples organismos académicos, de laboratorios de investigación y de la principal entidad encargada de desarrollar el HGV DF-ZF, la gran empresa de propiedad estatal CASC.

Llama la atención que dentro de la CASC se formara la entidad de investigación CAAA en 2004, especializada en vehículos hipersónicos que operan en el ámbito del espacio cercano, y que muestra la gran relevancia otorgada a este ámbito por las autoridades chinas, así como la flexibilidad de reorganización de sus empresas estatales.

De nuevo el gran actor ausente de este panorama son las empresas privadas, por lo menos a un nivel alto de implicación. Es llamativo que pese a esta falta, considerada por autores como Cheung uno de los elementos principales para conformar un sistema de innovación de defensa avanzado, el programa chino haya alcanzado un nivel de éxito muy elevado.

### *5.6. Factores de redes y subsistemas*

Las redes sociales, profesionales o virtuales permiten a los actores, especialmente a los individuos, los medios para conectarse entre sí dentro y más allá de los sistemas de innovación de defensa, tanto a nivel nacional como internacional. Las redes brindan canales efectivos para compartir información, a menudo de manera más rápida y completa que los vínculos institucionales tradicionales, y ayudan a superar las barreras a la innovación, como la compartimentación rígida.

Por su naturaleza, resulta muy complicado acceder a información al respecto del funcionamiento interno de los departamentos públicos y las formas de relacionarse con el resto de las entidades públicas en el contexto del sistema de innovación de defensa de China.

Por las aportaciones que pueden observarse desde diferentes entidades al programa DF-ZF se percibe que existe una red de comunicación y colaboración científica suficientemente eficaz a la hora de aunar los esfuerzos del mismo ámbito y crear efectos de sinergia para el desarrollo de tecnología de defensa. Es significativo que se haya logrado colaboración desde entidades pertenecientes al EPL, bajo la CMC, y empresas estatales, academias y ministerios, bajo el Consejo de Estado, lo cual se manifiesta en contra de la existencia de compartimentalización en el sistema de innovación de defensa de China. Además, se puede advertir el éxito de algunos programas estatales chinos como los de captación de talento en el extranjero y los de establecimiento de laboratorios de investigación con ámbitos relacionados con defensa en universidades y otras entidades públicas de carácter civil.

### 5.8. Factores contextuales

Esta categoría cubre el conjunto de diversos factores que influyen y dan forma al entorno general de innovación de defensa. Los elementos contextuales que ejercen una fuerte influencia incluyen el legado histórico, el entorno político nacional, los niveles de desarrollo y el tamaño del país y sus mercados. Los factores contextuales, al igual que los catalizadores, son externos al sistema de innovación de defensa y podrían ser estudiados de forma extensa. Para que estos sirvan en el análisis de este caso de estudio solo se señalarán algunos de los aspectos de mayor relevancia.

En el apartado introductorio de esta investigación se recogen algunas palabras de los discursos de Xi Jinping de los últimos dos congresos del PCCh, de 2017 y 2022. Xi Jinping claramente señala el papel central del PCCh en la política del país como la característica diferenciadora del sistema político chino y como elemento de superioridad frente a otros. Además, se puede comprobar que la importancia de los avances de las capacidades militares del país a través de la tecnología se ha visto sostenida desde el 2017 hasta el 2022 para conformar una «exigencia estratégica para la construcción integral de un país socialista moderno».

Algunos otros datos contextuales relevantes sobre el ámbito de defensa en China es su presupuesto de defensa, que ha crecido a la par que crecía el tamaño su economía. Pese a haber mantenido su gasto en defensa en torno a unas décimas por debajo del 2 % del PIB, durante las últimas décadas el presupuesto de defensa de China ha crecido hasta posicionarse en una nada disputada segunda posición mundial, pero aparentemente lejos del mucho mayor gasto norteamericano, según las bases de datos del Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI).

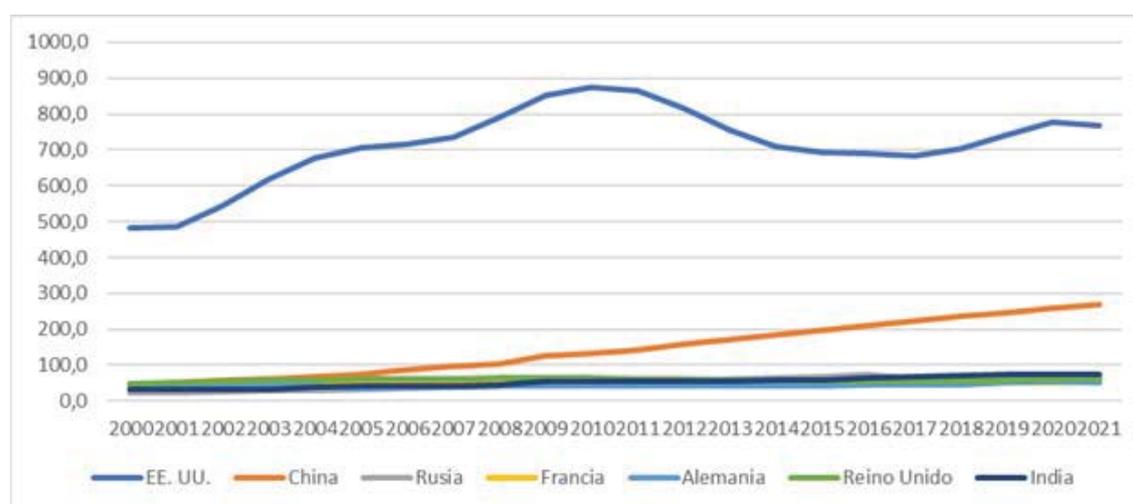


Figura 7. Gasto militar para el periodo de 2000-2021 expresado en miles de millones de dólares basado en la equivalencia del valor con el dólar de 2020.

Nota. SIPRI hace sus propias estimaciones del gasto militar nacional que no siempre concuerda con los datos publicados oficialmente, como es en el caso de China. Datos de: [www.sipri.org](http://www.sipri.org)

Pese a que, desde la comparación del valor monetario, el gasto militar de China parece mucho inferior al de Estados Unidos, bajo la comparativa del factor de cambio de Paridad de Poder Adquisitivo (PPA), lo que tiene en cuenta la diferencia de los costes operativos y de personal en cada país, Peter Robertson (2019), de la Western Australia University, afirmó que el presupuesto de China alcanzaba en 2019 un valor aproximado al 75 % del norteamericano.

Una de las escasas publicaciones oficiales del desglose del presupuesto de defensa de China proviene del Libro Blanco de Defensa de China del año 2019, donde se da a conocer cómo se ha repartido el presupuesto de años anteriores en tres principales categorías: costes de personal, costes de entrenamiento y mantenimiento y costes de equipamiento.

| Año  | Costes de personal |      | Costes de entrenamiento y mantenimiento |      | Costes de equipamiento |      |
|------|--------------------|------|-----------------------------------------|------|------------------------|------|
|      | (MM¥)              | (%)  | (MM¥)                                   | (%)  | (MM¥)                  | (%)  |
| 2010 | 185.931            | 34.9 | 170.047                                 | 31.9 | 177.359                | 33.2 |
| 2011 | 206.506            | 34.3 | 189.943                                 | 31.5 | 206.342                | 34.2 |
| 2012 | 195.572            | 29.2 | 232.994                                 | 34.8 | 240.626                | 36.0 |
| 2013 | 200.231            | 27.0 | 269.971                                 | 36.4 | 270.860                | 36.6 |
| 2014 | 237.234            | 28.6 | 267.982                                 | 32.3 | 323.738                | 39.1 |
| 2015 | 281.863            | 31.0 | 261.538                                 | 28.8 | 365.383                | 40.2 |
| 2016 | 306.001            | 31.3 | 266.994                                 | 27.4 | 403.589                | 41.3 |
| 2017 | 321.052            | 30.8 | 293.350                                 | 28.1 | 428.835                | 41.1 |

Tabla 2. Publicación oficial del desglose del gasto en defensa de China (2010-2017) (en miles de millones de yuanes RMB). Fuente: Oficina de Información del Consejo de Estado de la República Popular China. (2019). *China's National Defense in the New Era*.

De estos datos resulta significativo que la partida destinada a equipamiento es la única que aumenta en cuanto a proporción dentro del presupuesto, aumentando en casi ocho puntos porcentuales en siete años. Esto parece indicar que la prioridad de las autoridades chinas para equipar mejor a sus Fuerzas Armadas se está materializando y se refleja en las partidas presupuestarias.

### 5.7. Factores de resultados

Los factores de resultados (*outputs*) son: proceso de producción, ventas, demanda del usuario final y comercialización. Esta categoría es responsable de determinar la naturaleza de los productos y procesos que salen del sistema de innovación de defensa.

En el caso del programa DF-ZF, el único usuario y fin que se observa es el de su empleo por parte de la Fuerza de Misiles del EPL como sistema de armas que dote a las Fuerzas Armadas con la capacidad de penetrar sistemas defensivos.

Pese a que no haya sido su principal objetivo, no es descartable que este sistema pueda comercializarse en un futuro, o que algunas tecnologías desarrolladas en el seno de este proyecto puedan ser utilizadas en otros sistemas de armas con fines comerciales. Según las bases de datos del SIPRI, las exportaciones de misiles de fabricación china supusieron un 29 %, 12 % y 13 % del valor total de sus exportaciones militares en los años 2000, 2010 y 2020 respectivamente.

## 6. Conclusiones

El análisis y las conclusiones alcanzadas en esta investigación están sujetas a la información disponible y reunida en este caso de estudio. La falta de claridad en esta materia supone un obstáculo para la investigación, pero también una oportunidad para la generación de ideas originales.

Tras analizar el programa de desarrollo del HGV DF-ZF se aprecia que tanto los factores catalizadores como los contextuales, que son externos al sistema de innovación de defensa de China, han sido muy favorables al desarrollo del proyecto. Algunos de los factores que más han propiciado la generación de innovación han sido: el fuerte apoyo del alto nivel político, la percepción de amenazas externas de China a las que este programa hace frente y los avances tecnológicos en la creación de túneles de viento, que han permitido acelerar la investigación en el campo hipersónico.

Además, el contexto general político y el específicamente militar también han sido adecuados para el correcto desarrollo del programa. Xi Jinping declaraba en 2022 que los avances en capacidades militares del país a través de la tecnología eran una «exigencia estratégica para la construcción integral de un país socialista moderno» y se conoce que el gasto militar chino de los últimos años ha aumentado robustamente, al ritmo del crecimiento económico de China, y que además este gasto cada vez se centra más en los sistemas de armas.

Por tanto, el programa DF-ZF se ha llevado a cabo bajo condiciones externas muy favorables para el sistema de innovación de defensa de China.

Sin embargo, los resultados alcanzados en el programa DF-ZF no llegan a representar avances tecnológicos rompedores, pero sí incrementales y de componentes. Según el modelo de Cheung, este programa habría alcanzado un nivel de tipología de resultado de 5-7 sobre 8, y se quedaría a tan solo un paso de alcanzar innovación rompedora, la más compleja y avanzada.

El desarrollo del HGV DF-ZF ha requerido importantes avances en la ciencia y tecnología de ámbitos como la resistencia de materiales, la aerodinámica y la navegación. Sin embargo, el HGV DF-ZF no representa un hito de la tecnología que anuncie que China está dejando atrás a otras potencias. Los posibles avances futuros en materia de vehículos de vuelo hipersónico con *scramjet* representarían una tipología de resultado más elevada que la alcanzada por este programa, debido a su mayor complejidad y novedad.

Los tiempos del programa también son un elemento relevante. El programa de desarrollo del HGV DF-ZF ha sido el más corto de los programas de desarrollo de sistemas de misiles hipersónicos, contando desde el inicio de las pruebas de vuelo hasta su puesta operacional. Este hecho es una muestra positiva hacia la capacidad del sistema de innovación de defensa de China. Será relevante comprobar cómo de rápido puede China poner a punto el Xingkong-2, para el que empezó las pruebas de vuelo en 2018.

En el programa DF-ZF no han resultado de peso las contribuciones de transferencias de tecnología, propias de un sistema en desarrollo, pero tampoco se ha dado una elevada participación de empresas privadas, propias de un sistema avanzado, según el modelo de Cheung. El sistema chino es diferente, pero es indudablemente capaz de alcanzar resultados de innovación. Tras el análisis realizado en este caso de estudio, se observa que el enfoque general del sistema de innovación de defensa de China ha sido el de un modelo de movilización estatal selectiva complementado con herramientas de dinamización. En este sistema, las autoridades chinas movilizan y concentran recursos en un grupo selectivo de sectores y organismos, a través de un proceso de asignación estatal de arriba hacia abajo, por lo general basado en una serie de planes de desarrollo tecnológico, pero este modelo es complementado con herramientas de dinamización del sistema como son los programas y políticas de fusión civil-militar, de captación de talento e investigación.

La debilidad más importante observada en el sistema de innovación de defensa de China en el caso del programa de desarrollo del HGV DF-ZF, ha sido la escasa participación a alto nivel de empresas privadas, debido a que según el modelo de Cheung este debería ser un elemento principal.

En cambio, se han observado otros factores que podrían considerarse fortalezas del sistema de innovación de defensa de China y que son sus herramientas dinamizadoras. Son las políticas de fusión civil-militar, los programas estatales de captación de talento del extranjero y los programas de establecimiento de laboratorios de investigación de ámbito militar en universidades públicas u otros organismos civiles que lleva a cabo el SASTIND.

Del programa DF-ZF, destaca como ejemplo de fusión civil militar las importantes contribuciones de la universidad militar NUDT, el Instituto de Mecánica de la CAS, la empresa estatal CASC o las relaciones con el programa espacial de la CNSA, todos ellos organismos involucrados en tecnología de uso dual civil-militar. También el hecho de que los principales túneles de viento hipersónicos estuvieran localizados en organismos de investigación del ámbito militar y civil como la CAAA de la CASC, el Instituto de Mecánica de la CAS o la CAEP del SASTIND.

De los programas estatales de captación de talento se ha identificado que la NUDT se beneficia del «Plan Diez Mil Talentos» y que el Laboratorio LHD del Instituto de Mecánica de la CAS del «Programa Cien Talentos». Además, resalta la captación con este programa del experto Jiang Zonglin para dirigir el Laboratorio LHD y el desarrollo del túnel de viento JF-12.

Algunos de los laboratorios más destacados del programa DF-ZF con lazos de investigación en el ámbito militar son el Laboratorio LHD perteneciente al Instituto de Mecánica de la CAS y el Laboratorio Estatal Clave de Metalurgia de Polvos de la University of Central South China.

Dentro del complejo y amplio entramado público del país el sistema de innovación de defensa de China ha sido capaz de superar la compartimentalización y lograr colaboración entre diferentes organismos para generar sinergias entre empresas estatales, academias nacionales,

## Bibliografía

- Allison, G. (2021). *The Great Rivalry: China vs. the U.S. in the 21<sup>st</sup> Century*, *Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School*. [Consulta: 10 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.belfercenter.org/publication/great-rivalry-china-vs-us-21st-century>
- BluePath Labs y Chambers, G. (2022). *An Exploratory Analysis of the Chinese Hypersonics Research Landscape*, *China Aerospace Studies Institute*, [Consulta: 10 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.airuniversity.af.edu/CASI/Display/Article/3235816/an-exploratory-analysis-of-the-chinese-hypersonics-research-landscape/>
- Brown, K. (2014). *Why China Can't Innovate*, *The Diplomat*. [Consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://thediplomat.com/2014/08/why-china-cant-innovate/>
- Bugos, S. (2022). *China Showcases Hypersonic Weapon Near Taiwan, U.S. Tests, V: 2022*. [Consulta: 22 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.armscontrol.org/act/2022-09/news/china-showcases-hypersonic-weapon-near-taiwan-us-tests>
- Cai, G. y Xu, D. (2012). *Hypersonic Vehicle Technology*. Beijing, Science Press.
- Cheung, T. M. (2014). *Forging China's military might: A new framework for assessing innovation*. JHU Press.
- . (2021). *A conceptual framework of defence innovation*. *Journal of Strategic Studies*. Vol. 44, n.º 6, pp. 775-801.
- Cheung, T. M., Mahnken, T. G. y Ross, A. L. (2011). *Frameworks for Analyzing Chinese Defense and Military Innovation*. [Consulta: 23 de agosto de 2021]. Disponible en: [https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od\\_\\_\\_\\_\\_325::4e6066f8ce13f03cbo85b84a1d985b7a](https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od_____325::4e6066f8ce13f03cbo85b84a1d985b7a)
- Cordesman, A. H. (2021). *The Biden Transition and U.S. Competition with China and Russia: The Crisis-Driven Need to Change U.S. Strategy*, *CSIS. Arleigh A. Burke Chair in Strategy*. [Consulta: 17 de septiembre de 2021]. Disponible en:

<https://www.csis.org/analysis/biden-transition-and-us-competition-china-and-russia-crisis-driven-need-change-us-strategy>

- Damanpour, F. (1996). Organizational complexity and innovation: developing and testing multiple contingency models, *Management science*. Vol. 42, n.º 5, pp. 693-716.
- Du Plessis, M. (2007). The role of knowledge management in innovation, *Journal of knowledge management*. [Consulta: 5 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13673270710762684/full/html>
- Evangelista, M. (1989). Issue-area and foreign policy revisited, *International Organization*. Vol. 43, n.º 1, pp. 147-171.
- Hwang, K. y Huh, H. (2020). Research and Development Trends of a Hypersonic Glide Vehicle (HGV), *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*. Vol. 48, n.º 9, pp. 731-743.
- Joske, A. (2018). Picking flowers, making honey, *Australian Strategic Policy Institute*. [Consulta: 13 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.aspi.org.au/report/picking-flowers-making-honey>
- . (2019). The China defence universities tracker, *Australian Strategic Policy Institute*. V. 25, pp. 8-11.
- Krepinevich, A. F. (1994). Cavalry to computer: The pattern of military revolutions, *The National Interest*, pp. 30-42.
- Molenda, J. (2018). China Conducts Tests of Hypersonic Boost Glide Vehicles, *Missile Threat (Center for Strategic and International Studies)*. [Consulta: 31 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://missilethreat.csis.org/china-conducts-tests-of-hypersonic-boost-glide-vehicles-from-high-altitude-balloon/>
- Ng, J. (2022). China's Hypersonic Testing Surge, *Asian Military Review*. [Consulta: 31 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.asianmilitaryreview.com/2022/03/chinas-hypersonic-testing-surge>.
- Office of the Secretary of Defense (2020). Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2020, *Department of Defense*. Disponible en: <https://media.defense.gov/2020/Sep/01/2002488689/-1/-1/1/2020-DOD-CHINA-MILITARY-POWER-REPORT-FINAL.PDF>
- . (2022). Annual Report to Congress: Military and Security Developments Involving the People's Republic of China 2022, *Department of Defense*. Disponible en: <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3230516/2022-report-on-military-and-security-developments-involving-the-peoples-republi/>.

- Preziosi, N. *et al.* (2019). China: Challenges and Prospects from an Industrial and Innovation Powerhouse. Vol. 2022. [Consulta: Feb. 8, 2022]. Disponible en: [file:///C:/Users/rodri/Downloads/2019-05-15\\_china-flagship-report\\_online.pdf](file:///C:/Users/rodri/Downloads/2019-05-15_china-flagship-report_online.pdf)
- Puglisi, A. B. (2020). The Myth of the Stateless Global Society en William C. Hannas y Didi Kirsten Tatlow (eds.), *China's Quest for Foreign Technology*. Routledge, pp. 74-91.
- Robertson, P. (2019). China's military might is much closer to the US than you probably think. *The Conversation*. [Consulta: 7 de julio de 2022]. Disponible en: <http://theconversation.com/chinas-military-might-is-much-closer-to-the-us-than-you-probably-think-124487>
- Ross, A. L. (2010). On military innovation: Toward an analytical framework. *SITC, Policy Brief*. 2010.
- Sapolsky, H., Friedman, B. y Green, B. (2009). *US military innovation since the cold war: Creation without destruction*. Routledge.
- Schmid, J. (2018). The determinants of military technology innovation and diffusion. Disponible en: <https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/59877/SCHMID-DISSERTATION-2018.pdf>
- Sevastopulo, D. (2021). China conducted two hypersonic weapons tests this summer, *Financial Times*. [Consulta: 18 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ft.com/content/c7139a23-1271-43ae-975b-9b632330130b>
- Sevastopulo, D. y Hille, K. (2021). China tests new space capability with hypersonic missile, *Financial Times*. [Consulta: 7 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.ft.com/content/ba0a3cde-719b-4040-93cb-a486e1f843fb>.
- Solem, E. y Montague, K. (2016). Chinese Hypersonic Weapons Development, *China Brief*. Vol. 16, n.º 7, pp. 6-11. Disponible en: <https://jamestown.org/program/updated-chinese-hypersonic-weapons-development/>.
- Stephen G. Brooks y William C. Wohlforth (2016). The Once and Future Superpower: Why China Won't Overtake the United States, *Foreign affairs (New York, N.Y.)*. Vol. 95, pp. 91-104. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/43946860>.
- Stokes, M. A. y Cheng, D. (2012). China's evolving space capabilities: implications for U.S. interest. *Project 2049*. [Consulta: 31 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://purl.fdlp.gov/GPO/gpo161037>
- Thompson, V. A. (1965). Bureaucracy and innovation, *Administrative Science Quarterly*, pp. 1-20.
- West, M. A. y Anderson, N. R. (1996). Innovation in top management teams. *Journal of Applied psychology*. Vol. 81, n.º 6, pp. 680.

- Wong, A., Tjosvold, D. y Liu, C. (2009). Innovation by teams in Shanghai, China: cooperative goals for group confidence and persistenc. *British Journal of Management*. Vol. 20, n.º 2, pp. 238-251.
- Wood, P. y Cliff, R. (2020). A Case Study of the PRC's Hypersonic Systems Development, *China Aerospace Studies Institute*, [Consulta: 4 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.airuniversity.af.edu/CASI/Display/Article/2334616/a-case-study-of-the-prcs-hypersonic-systems-development>
- Xi, J. (2017), Texto íntegro del informe presentado por Xi Jinping ante XIX Congreso Nacional del PCCh, *Xinhua News Agency*. [Consulta: 15 de febrero de 2021] Disponible en: [http://spanish.xinhuanet.com/2017-11/03/c\\_136726335.htm](http://spanish.xinhuanet.com/2017-11/03/c_136726335.htm)
- . (2022). Texto íntegro de informe al XX Congreso Nacional del Partido Comunista de China. Vol. 2022, [Consulta: 22 de diciembre de 2022]. Disponible en: [https://www.fmprc.gov.cn/esp/wjdt/zyjh/202210/t20221026\\_10792080.html](https://www.fmprc.gov.cn/esp/wjdt/zyjh/202210/t20221026_10792080.html).
- Xinhua News Agency (2017). Central South University desarrolló un nuevo material resistente a la ablación a 3.000°C [中南大学研发出耐3000°C烧蚀的新材料], *Xinhua News Agency*. [Consulta: 31 de diciembre de 2022]. Disponible en: [http://www.xinhuanet.com/politics/2017-08/21/c\\_1121519048.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2017-08/21/c_1121519048.htm)
- Zabecki, D. T. (2005). Technology and Military Doctrine: Essays on a Challenging Relationship, *The Journal of Military History*. Vol: 69, n.º 2, pp. 603-604. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3397460>
- Zhao, T. (2020). Conventional long-range strike weapons of US allies and China's concerns of strategic instability. *The Nonproliferation review*. Vol. 27, n.º 1-3, pp. 109-122. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10736700.2020.1795368>

---

*Artículo recibido: 31 de enero de 2023*

*Artículo aceptado: 27 de abril de 2023*

---