

# **LA ENERGÍA NUCLEAR: ¿UNA FORMA DE PROPULSIÓN EN AERONÁUTICA?**

**Fundamentos, historia y futuro.**

**José Antonio Martínez Pons**

## INTRODUCCIÓN

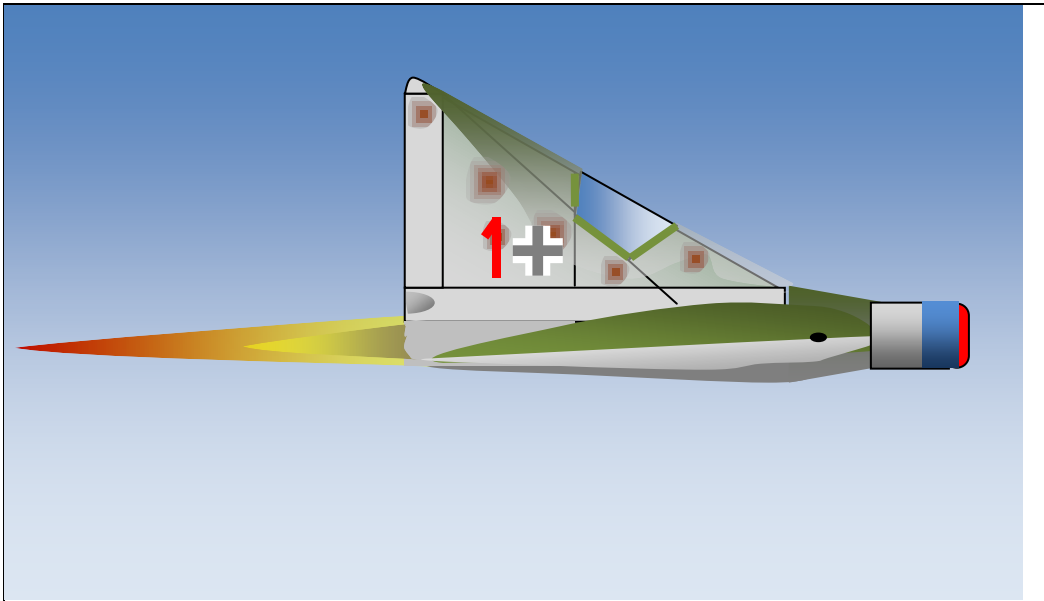


Fig 1 Lippish DM- 1 Proyecto de caza alemán de la II Guerra mundial, impulsado por un estatoreactor que podía quemar polvo de carbón. Solo voló un planeador de ensayo. Estaba proyectado para alcanzar los 1.640 km /h

La tecnología aeronáutica, con poco más de 100 años de existencia ha evolucionado a ritmo solo comparable con la informática y hoy por hoy el avión tanto como elemento militar como de transporte civil, e incluso como medio deportivo, es imprescindible.. Buscar aviones, más rápidos, más seguros, de menos consumo y menos contaminantes es un deseo general. Sin embargo hoy como en 1905 los aviones se mueven gracias motores que queman combustibles derivados del petróleo. Evidentemente, existen excepciones como el caza alemán Lippish DM-1 que por falta de otros combustibles se proyectó para quemar carbón, pero que, de llevarse de nuevo a la práctica, no sería muy respetuoso con el medio. También existen prototipos de aviones impulsados por motores eléctricos y energía solar, pero no pasan de ser diseños experimentales y de unas muy limitadas prestaciones.

Con el descubrimiento del uso práctico de la energía nuclear se planteó posibilidad y viabilidad de una aeronave impulsada por energía nuclear. A finales de la década de los 40 la tecnología se estudió y se realizaron algunos prototipos, tanto en EE UU como en la Unión Soviética.

Las ventajas de una aeronave de este tipo son fundamentalmente su independencia del petróleo y su baja necesidad de repostaje de combustible, por tanto un radio de acción solo limitado por las necesidades de la tripulación y un ahorro en tiempos de repostaje de combustible. Sus inconvenientes principales son el elevado volumen y peso del reactor y sus blindajes y la posibilidad de contaminación ambiental radiactiva tanto en operación como en un posible accidente.

Hoy el avión nuclear está descartado pero las circunstancias que han aconsejado su abandono pueden cambiar y hacer que se retome la idea, como ha ocurrido con otras tecnologías..

## EL MOTOR DE REACCIÓN.

Desde que a principios del siglo XX se consiguió que un aparato “más pesado que el aire” levantara el vuelo se vio que este vehículo podía tener muchas aplicaciones militares, fundamentalmente observación y reconocimiento del campo enemigo y bombardeo de los ejércitos adversarios, así como medio de defensa frente a aviones adversarios. En el campo civil pronto se reconoció como eficaz sistema de transporte de correo, mercancías y pasaje.

Los aviones de entonces estaban impulsados por hélices movidas por motores de explosión.

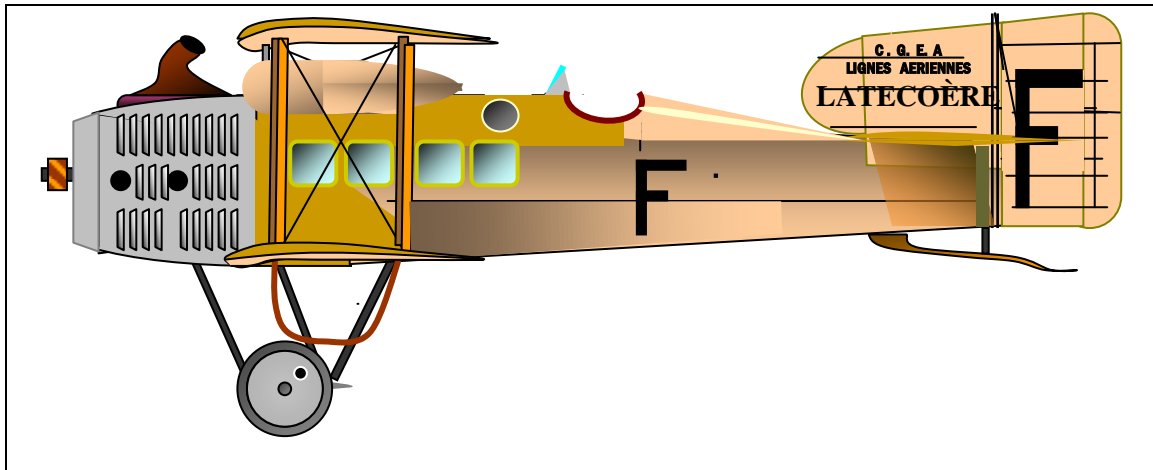


Fig 2. Avión de pasajeros de los años 20, se trata de un bombardero Breguet XIV, transformado en civil. Obsérvese el voluminoso motor de explosión y la hélice de madera que lo impulsa

El periodo entre guerras supuso un desarrollo en la construcción aeronáutica, con introducción de la construcción metálica, del ala monoplano en voladizo, de un sustancial aumento de la potencia de los motores, basados normalmente en el ciclo de Otto, y del diseño de las hélices en general de madera y de paso fijo que evolucionaron a metálicas y de paso variable. Todo se tradujo en una mejora de las características y prestaciones de los aviones. El 27 de agosto de 1939 en Marienehe (Alemania) se certificó una nueva revolución aeronáutica cuando hizo su primer vuelo oficial un revolucionario avión “sin hélices” era el Heinkel He 178 impulsado por un turboreactor HeS, diseñado por el Dr. Hans Joachim Pabst von Oain. Pilotado por el Flugkapitan Erich Wartsitz El avión alcanzó los 600 km/h.

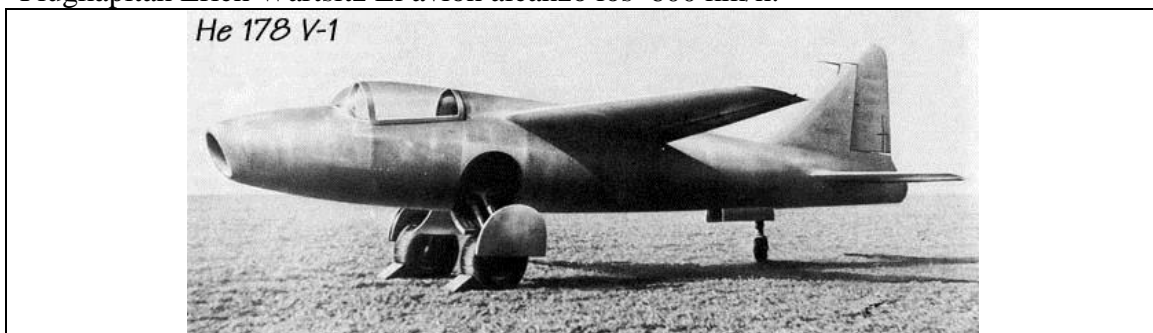


Fig 3. Heinkel He 178 . Primer avión que voló impulsado por un reactor

Lo más revolucionario del pequeño monoplano de Heinkel era precisamente el motor.

En aquel momento varios pioneros, como Frank Withle en Gran Bretaña, Coanda en Rumania o el español Virgilio Leret, investigaban en motor que se moviera aprovechando la ley de acción y reacción.

El principio en que se basaba era muy simple, un flujo de aire penetraba por una gran tobera, era comprimido por un compresor unos quemadores lo calentaban y el aire salía a gran velocidad impulsando una turbina que accionaba el compresor.

Al final de la segunda guerra mundial, la mayoría de contendientes poseían reactores de combate, aunque sólo Alemania los empleó masivamente.

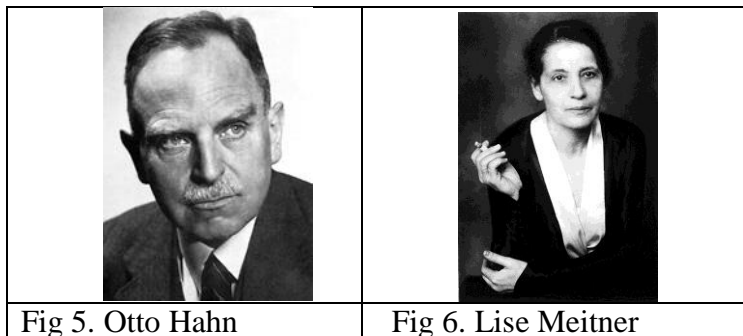


Fig. 4. Messerschmitt Me 262B . Primer caza operativo movido por turboreactores

Cuando empezó la guerra fría tanto los EE UU como la Unión Soviética se plantearon la necesidad de una fuerza aérea estratégica. El talón de Aquiles de muchos bombarderos era su radio de acción. Mejorar esta prestación era de crucial importancia, sin embargo los motores tradicionales consumen mucho combustible, de modo que un aumento de radio de acción implica transporte de una gran cantidad de combustible en detrimento de la carga útil del aeroplano o hacen necesaria la compleja y vulnerable maniobra de reabastecimiento en vuelo.

## LA ENERGÍA NUCLEAR

Los motores de reacción seguían aferrados a la energía química de los combustibles que quemaban, pero Otto Hahn, premio Nobel de química en 1944 y sus colaboradores Lise Meitner y Fritz Strassmann en 1938 habían conseguido una reacción nuclear en cadena sostenida. Se abría un nuevo camino.



A finales de la Guerra, un grupo de científicos y técnicos en EE UU habían desarrollado y construido la bomba nuclear de fisión, empleada en las destrucciones de Hiroshima y Nagasaki. Pronto soviéticos y británicos dispusieron de esta tecnología. También se había conseguido controlar la reacción nuclear en cadena a fin de obtener energía de forma controlada, que podría ser aplicable a usos pacíficos. En este sentido fueron de gran importancia los trabajos del físico Enrico Fermi (1901-1954), italiano emigrado a EEUU y premio Nobel de Física en 1938.

## EN QUÉ CONSISTE UNA REACCIÓN NUCLEAR DE FISIÓN.

Como es bien sabido, los núcleos de determinados elementos como el uranio o el plutonio, al ser bombardeados por neutrones se rompen en núcleos más ligeros y varios neutrones que, al chocar con otros núcleos a su vez hacen que éstos se desintegren, con mayor desprendimiento de neutrones.

En la fisión de un núcleo las masas de los productos de la reacción suman ligeramente menos que la masa del núcleo antes de sufrir la fisión, a esta diferencia se la llama defecto de masa.

Esta masa no desaparece sino que se transforma en energía de acuerdo con la célebre ecuación de Einstein  $E = mc^2$  siendo E la energía desprendida, m la masa desintegrada, c la velocidad de la luz en el vacío (Muy aproximadamente 300.000 km/s). Aunque porcentualmente el defecto de masa en una cantidad muy pequeña, la energía que se desprende es enorme.

Los neutrones por su parte se encargan de propagar la reacción, es decir de crear y mantener la reacción en cadena.

Si la reacción se produce de forma descontrolada, se tiene la bomba nuclear, como las que detonaron en Hiroshima (de uranio) o Nagasaki (de plutonio), sin embargo controlando el flujo de neutrones mediante una sustancia capaz de retenerlos, moderador, se tiene el reactor nuclear.

En el reactor la energía es recogida mediante un fluido: sodio líquido o agua a presión, por ejemplo y utilizada por ejemplo para calentar otro fluido que a su vez impulsa un dispositivo mecánico que produce electricidad o impulsa un navío.

Los grandes problemas de los reactores nucleares son que tanto durante su funcionamiento como los residuos que producen, son altamente contaminantes por las radiaciones que emiten, lo que significa que estos mecanismos deben encerrarse en vasos o recipientes que protejan entono de esas radiaciones.

En las instalaciones en tierra no hay mayor problema, pero en buques o aviones los blindajes necesarios son muy pesados. En los buques el peso no es tan crucial como puede serlo en un avión y de hecho la propulsión nuclear es habitual en submarinos, desde que el 21 de enero de 1954 EE UU botó el Nautilus, primer submarino operativo movido por Energía nuclear. EE UU, Gran Bretaña, Rusia, Francia y China, por lo menos, cuentan con submarinos de propulsión nuclear. También se usa esta energía en grandes buques militares de superficie como los portaviones americanos más modernos. La Unión Soviética construyó grandes cruceros de propulsión combinada nuclear – química. La propulsión naval nuclear en el campo civil, sin embargo no ha sido muy exitosa



Fig 7. USS Nautilus, primer submarino operacional de propulsión nuclear.



Fig 8.- Portaaviones de propulsión nuclear Harry S. Truman



Fig 9 Crucero de propulsión nuclear Kirov ( Almirante Ushankov)

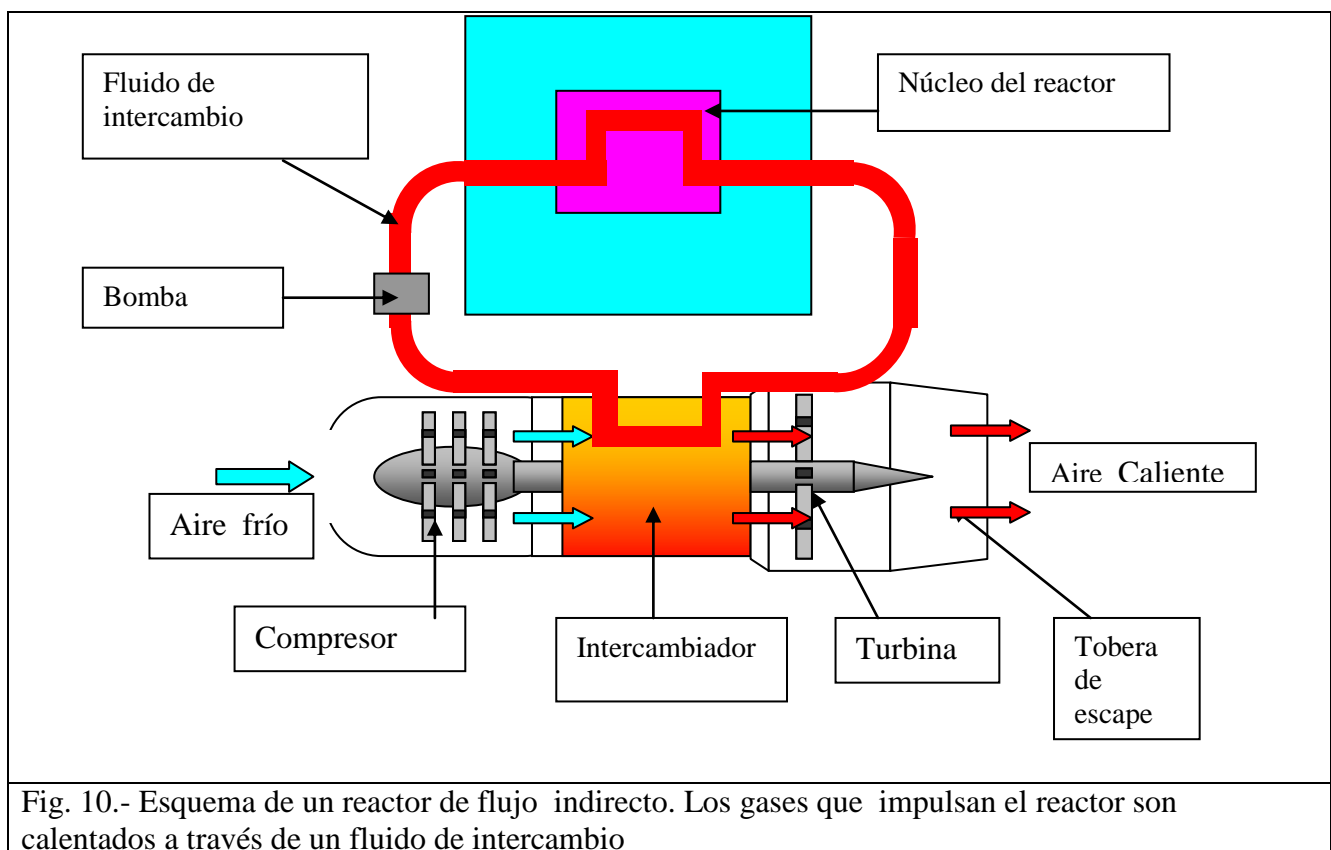
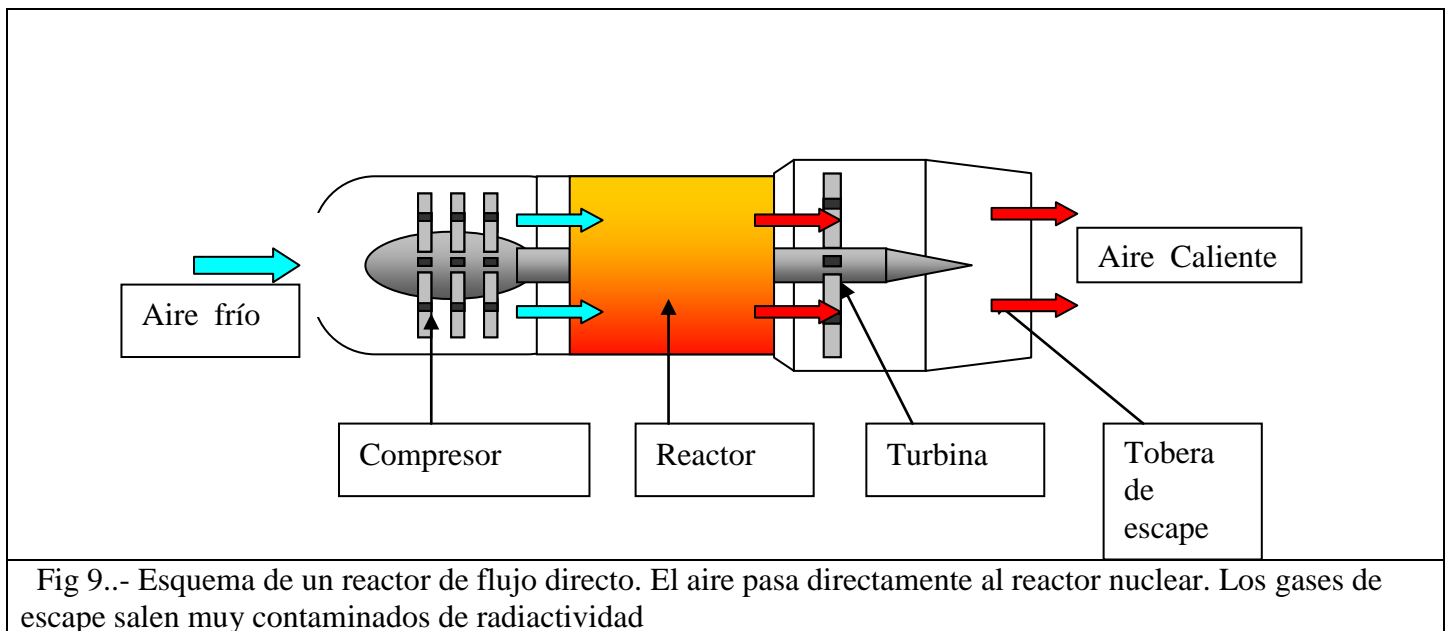
## EL TURBORREACTOR NUCLEAR.

Otros motores de reacción, además del turbo reactor, son los estatorreactores y pulsorreactores, como el que impulsaba la bomba volante V-1, en los que el gas impulsor, aire, es comprimido por debido a la velocidad del avión y los cohetes, independientes del aire, como la bomba V-2 o el caza Me 163. No los trataremos en este trabajo, aunque ha habido ensayos de modelos impulsados por energía nuclear...

Volviendo al turbo reactor, como se ha dicho antes, su principio físico fundamental es que una masa de gases, comprimida por un compresor se sobrecalienta, se expande e impulsa una turbina que acciona el compresor a la par que es lanzado hacia atrás. El turborreactor nuclear no difiere sustancialmente del reactor clásico salvo que el aire comprimido no se calienta por unos quemadores que queman keroseno sino que es un reactor nuclear el encargado de producir este calentamiento.

Existen dos tipos fundamentales de reactores nucleares, los de ciclo directo y los de ciclo indirecto.

En el reactor de flujo directo el aire comprimido por el compresor es forzado a circular por el núcleo del reactor donde se calienta y pasa por la turbina. En los reactores de flujo indirecto los gases se desvían a un intercambiador donde son calentados y vuelven al turborreactor (Fig 9 y Fig 10)



## EXPERIENCIAS EN EE UU

La idea de aplicar la propulsión nuclear a la aeronáutica surgió desde los principios de la era nuclear. Al parecer Enrico Fermi, empezó a estudiar su viabilidad en 1942 y



en 1946 el departamento de física aplicada de la universidad John Hopkins realizó un estudio sobre los problemas potenciales de esta aplicación. Este mismo año aparece el proyecto NEPA (Nuclear Energy for the Propulsion of Aircraft) controlado por la fuerza aérea norteamericana para dotarse de un bombardero de gran radio de acción propulsado por energía nuclear. El proyecto se desarrolló de 1946 a 1951 en que se incorporó la Atomic Energy Comisión, pasando a denominarse ANP (Aircraft Nuclear Propulsion). Pese a múltiples dificultades, en el marco de este proyecto, dos importantes fabricantes de motores de aviación habían recibido sendos encargos. A General Electric (GE) se le encargó un reactor de ciclo directo, mientras que Pratt and Whitney recibía el encargo del proyecto de reactor de ciclo indirecto. La primera arguyó que el motor de ciclo directo era más sencillo, mientras que P&W desarrollo un reactor supercrítico refrigerado por agua a presión a  $816\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $3,5 \times 10^7\text{ Pa}$ , que evitaba el uso de metales líquidos.

El principal problema eran los blindajes cuya masa era excesiva. Se propuso la idea *Shadow Sheldig*, una estructura que hacía que la tripulación quedara en la zona de sombra del reactor nuclear pero el resto del avión recibía altas dosis de radiación. La aparición de nuevos materiales redujo el problema. Otro era el tamaño del reactor que hubo que reducir para situarlo en un avión. GE por su parte desarrollo tres reactores experimentales de la serie HTRE, el HTR2 se acopló con éxito a un reactor J-47 modificado y el HTRE-3 estaba muy próximo a un reactor operativo. P&W iba más lenta y al final acabó en un reactor de metal líquido, antes los problemas del reactor de agua a presión.

Por otra parte en 1951 se encargó a los fabricantes aeronáuticos Convair y Lockheed el estudio de aviones portadores. Convair debía convertir un bombardero B-36 en banco de ensayos volante mientras que debía estudiar la posibilidad real de un bombardero de más de 15.000 m de techo velocidad comprendida entre Mach<sup>1</sup> 0,85 y 1,3, capaz de transportar 5400 kg de bombas.

El B-36 Pacemaker era un gigantesco avión con seis motores de pistón, que más tarde se reforzarían con cuatro reactores. A este avión se le colocaría un reactor de metal líquido acoplado a turborreactores GE J-53. El avión experimental se designó como X-6.

Independientemente la mayoría de fabricantes norteamericanos de aviones estudiaban sus propios prototipos.

Los trabajos sobre el avión de pruebas proseguían. Al ir mucho más adelantado el sistema de GE, se optó por este. El reactor nuclear situaría en el fuselaje y para los reactores la idea mejor consistiría en situar cuatro reactores movidos por energía nuclear en paralelo bajo el fuselaje del avión, mientras se mantendría los propulsores clásicos. El avión despegaría y aterrizaría impulsado por los motores convencionales, mientras los nucleares se mantendrían al ralentí, con keroseno. A la altura operacional se pondría en marcha el sistema nuclear de forma progresiva.

Mientras se estudiaba la propulsión, se empezó a modificar el B-36 número de serie 51-5712, que pasó a ser el Nuclear Test Aircraft -36 en código NB-36H, que fue bautizado como Crusader.

---

<sup>1</sup> El número de Mach, en referencia al físico Ernts Mach es la relación entre la velocidad del móvil y la del sonido en el medio que se propaga. 0,85 Mach equivale pues a un 85% de la velocidad del sonido en el aire.

La principal modificación que sufrió, además de la pérdida de el equipo militar, se refirió a la parte del morro que debía acomodar una cabina compacta para la tripulación, adecuadamente protegida que alcanzaría una masa de unas 12 toneladas



Fig. 11.-NB-36. Obsérvese el enorme tamaño del avión y los 10 motores, seis de pistón, con hélices propulsoras y 4 reactores. Véase como en la cola porta el logotipo de peligro de radiación nuclear.

El reactor nuclear debía situarse en un contenedor de 31 m de largo y 3,6 de diámetro, situado justo detrás del centro de masas de la aeronave. Las paredes del avión recibirían una protección suplementaria de polietileno. Delante llevaría un blindaje de 2,03 m de diámetro y 30 cm de espesor, combinado con otro situado detrás del habitáculo y a 19 m del reactor, lo que debía limitar la radiación en cabina a 0,25 Roentgen/hora aceptable para aquellas fechas<sup>2</sup>. El conjunto completo de propulsión recibió el nombre de P-1. Sin embargo las dificultades continuaban, incluso en la selección de los turbo reactores. En 1953, cambió la administración y los consejeros militares, decidieron que el avión nuclear carecía de valor militar, pero Convair siguió experimentando, llegando a instalar un reactor de 1 Mwatt en la bodega del avión, este reactor pesaba 15.845 kg y podía retirarse después de cada vuelo.

El NB-36 H realizó un total de 47 vuelos de prueba.

Otros fabricantes a su vez realizaron estudios y ofrecieron diferentes propuestas. También se extendió la idea a misiles de crucero, sin embargo al final de los 60 y después de gastar más de 470 millones de dólares la idea del avión de propulsión nuclear quedó abandonada.

## EXPERIENCIAS EN LA UNIÓN SOVIÉTICA.

Los soviéticos que contaban con brillantes diseñadores aeronáuticos, como Tupolev. Antonov o Myasishchev, también pensaron en incluir en su panoplia aviones de este tipo. En Marzo de 1956 el Consejo de Ministros de la URSS asignó a Tupolev la tarea de desarrollar un banco de pruebas. La decisión soviética desde el primer momento fue

<sup>2</sup> **Roentgen ( R )** Unidad de exposición, magnitud física que caracteriza la ionización que produce en el área una radiación y cuya equivalencia es  $1 R = 2,58 \cdot 10^{-4}$  curie/kg y  $1 \text{ curie} = 3,7 \times 10^{10}$  desintegraciones /s

el ciclo directo y como los americanos partieron de un avión existente como banco de prueba, concretamente el Tupolev Tu- 95 (Bear en el código Nato) .Se trataba de un gran bombardero de ala en flecha propulsado por cuatro motores turbohélice.<sup>3</sup>, pero los estudios venían de antes, por ejemplo Myasishchev estudió un bombardeo y un hidroavión nucleares (M-60 y M-60-1). Volviendo al Tu 95-LAL, recibió un reactor y en 1958 realizó varias pruebas en el suelo, en las que el reactor alcanzó plena potencia. Entre mayo y agosto de 1961 realizó 34 vuelos de prueba, la mayoría con el reactor apagado. La protección de la tripulación estaba constituida por escudos de sodio líquido, óxido de berilio, acero y parafina no tan sofisticados como los sistemas americanos pero se comprobó que el nivel de radiaciones era aceptable. Al Tu 95-LAL siguió el avión 119, esta vez dotado de un sistema de flujo indirecto que impulsaba los dos motores internos NK 14, dotados de intercambiador, Los dos motores exteriores eran NK 12 M normales. Este avión no pasó de proyecto, como tampoco pasaron de proyecto el avión 120 y el avión 132, concebido como avión de ataque al suelo Respecto al M-60 de Myasishchev , el primer diseño era un esbelto avión con dos reactores a los lados del fuselaje, alimentados por un reactor nuclear en ciclo directo y con la tripulación en el centro, y ala trapezoidal, que después pasó a ala delta con 4 turbo reactores en la parte trasera del fuselaje y evolucionó al M-62, pero ninguno de estos diseños pasó del tablero de dibujo. En los años 70 cesaron las investigaciones soviéticas.



Fig. 13. Tu 95 Bear. Obsérvense los poderosos turbohélices que impulsan sendos pares de hélices contrarrotatorias.

<sup>3</sup> En el turbohélice, a diferencia del reactor puro, la propulsión se consigue gracias a una hélice engranada al árbol del compresor

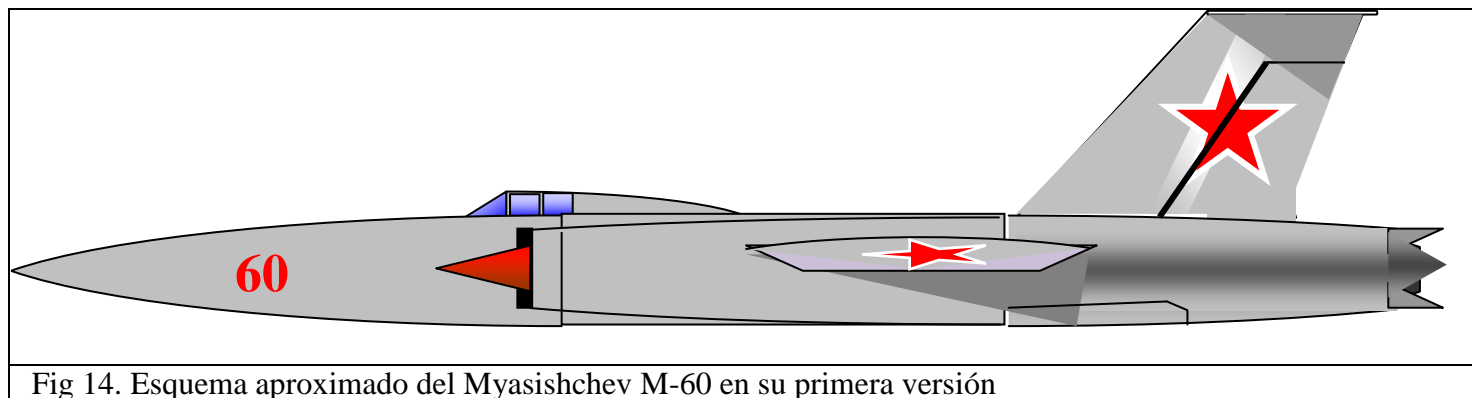


Fig 14. Esquema aproximado del Myasishchev M-60 en su primera versión

### Características generales del Convair B-36

**Dimensiones** ;Longitud: 49,40 m ;Envergadura: 70,10 m ;Altura: 14,22;  
**Superficie alar:** 443 m<sup>2</sup> ;**Masas: vacío:** 77.580 kg ; **máximo al despegue:** 185.973 kg  
**Potencia :** 4 Turborreactores GE J47-GE-19, de 2.359 kN (5.200 libras) de empuje cada uno. Y 6 motores radiales enfriado  
**Velocidad máxima operativa (Vno):** 707 km/h (439 mph) **Autonomía de combate:** ~ 5.500 km **Alcance en traslado:** 12.900 k **Techo de servicio:** 14.600 m **Velocidad ascensional:** 9,75 m/s

### Características generales del Tupolev Tu-95MS

**Dimensiones:** – Longitud 49,13m ; Envergadura 50,04m , Altura 13,30m **Superficie alar 289,9 m<sup>2</sup>** **Potencia :** 4 motores turbohélice de 11.035 kW (14,795 hp) KKBM Kuznetsov NK-12MV impulsando pares de hélices contra rotatorias

**Velocidad máxima** a 8.000 m 925km/h , **al nivel del mar** 650km/h , **crucero** 710km/h . **Techo** 13.000 m . **Radio de acción** con 11,340kg 6400km . **Masas - Vacío** 120,000kg , **máxima al despegue** 187,000kg .

**Velocidad máxima** a 8.000 m 925km/h , **al nivel del mar** 650km/h , **crucero** 710km/h . **Techo** 13.000 m . **Radio de acción** con 11.340kg de carga 6400km . **Masas - Vacío** 120.000kg , **máxima al despegue** 187.000kg .

### FUTURO.

Ninguna tecnología debe darse por definitivamente descartada. Por ejemplo, el diario “El Mundo” de 21/02/2003 publicaba que EE UU estaban considerando de nuevo la posibilidad de un avión nuclear que podría “estar volando durante meses “sin necesidad de repostar, y la propulsión por cohetes nucleares puede ser la solución para viajes interplanetarios o hiperatmosféricos.

### FUENTES

Revista el Aeroplano. Nº 20 . Año 2002.

Diccionario Rioduero “Forjadores de la Ciencia”. Madrid 1993

[wikipedia.org/wiki/Convair\\_B-36\\_Peacemaker](http://wikipedia.org/wiki/Convair_B-36_Peacemaker)

[wikipedia.org/wiki/Convair\\_X-6](http://wikipedia.org/wiki/Convair_X-6)

Jacobsen, Meyers K. ; Wagner, Ray. B-36 in action. Squadron/ signal publications

[www.seelowe.4thperrus.com/tecnicos/Soviet\\_Nuclear\\_Powered\\_Bombers.pdf](http://www.seelowe.4thperrus.com/tecnicos/Soviet_Nuclear_Powered_Bombers.pdf)  
[www.elmundo.es/papel/2003/02/21/ciencia/1341540.html](http://www.elmundo.es/papel/2003/02/21/ciencia/1341540.html)  
[teleobjetivo.org/blog/el-bombardero-impulsado-por-energia-atmica.html](http://teleobjetivo.org/blog/el-bombardero-impulsado-por-energia-atmica.html)  
[www.motoradictos.com/2007/07/14-ford-nucleon-el-coche-nuclear](http://www.motoradictos.com/2007/07/14-ford-nucleon-el-coche-nuclear)  
[www.luft46.com/](http://www.luft46.com/)  
[www.foronuclear.org/](http://www.foronuclear.org/)