



## Hitos tecnológicos en el motor bóxer del 911

11/07/2024 La historia de la tecnología de propulsión del Porsche 911 es un relato de innovación continua y legado excepcional. Lo más destacado hasta el día de hoy es la hibridación parcial de alto rendimiento para la generación 992.

Tras seis décadas de desarrollo del propulsor del 911, el resultado provisional es el doble de cilindrada, el cuádruple de potencia y un concepto básico inalterado. "Nos sorprende una y otra vez lo mejorable y adaptable que es el motor bóxer de seis cilindros", afirma Thomas Krickelberg, Director de Excelencia Operativa de las gamas 911/718. En el futuro, habrá un turbocompresor eléctrico de gases de escape para aumentar aún más la potencia y el empuje, y reducir las emisiones. Así pues, al entrar en su séptima década, estas son las bases sobre las que se ha reinventado constantemente.

### El motor Mezger

En 1963, cuando Porsche presentó el futuro 911, aún conocido como 901, su motor bóxer de seis

cilindros entregaba una potencia de 130 CV (96 kW) con una cilindrada de dos litros. "Diseño compacto, bajo peso, máximo rendimiento", dice Albrecht Reustle, especialista en construcción de motores bóxer de Porsche, resumiendo las cualidades que se mantienen hasta hoy. Hasta 1993, trabajó a las órdenes de Hans Mezger, el ingeniero que dio nombre al motor.

## 911 con turbocompresor

Cada generación del 911 marca hitos en la tecnología de propulsión. En 1974, el turbocompresor probado en competición estuvo listo para la producción en serie del 911. Gracias a la combinación de turbo e inyección de combustible, el 930 estaba muy por delante de la competencia en prestaciones y eficiencia, con sus 260 CV (191 kW) en Europa.

Desde el principio cumplió las estrictas normativas sobre gases de escape. "Echando la vista atrás, te das cuenta de que la turboalimentación revolucionó el mundo de los motores de combustión", dice Krickelberg. Su elemento central es el turbocompresor, que consta de una turbina y un compresor unidos entre sí. Los gases de escape del motor impulsan a la turbina, que alcanza regímenes de giro cercanos a 200.000 rpm. El compresor gira a la misma velocidad y alimenta los cilindros con aire comprimido. Este aire adicional favorece la combustión y aumenta el rendimiento del motor. Para no someter a los componentes mecánicos a un esfuerzo excesivo, hay que limitar la presión generada por el flujo de escape. Cuando alcanza un determinado límite, no entra a la turbina porque se desvía por una derivación denominada válvula de descarga.

## Aumento de las prestaciones mediante el intercooler

Los ingenieros de Porsche perfeccionaron este sistema durante el trabajo continuo de desarrollo. El aire se calienta debido a su compresión y a las altas temperaturas en el lado de la turbina. Esto repercute negativamente en el llenado de los cilindros y en la combustión del combustible inyectado. A partir del año modelo 1978, el aire de admisión comprimido se enfriaba en su camino hacia la cámara de combustión, como ya se había puesto a prueba en competición. El radiador estaba montado bajo el imponente alerón trasero. Este elaborado *intercooler* aumentaba la potencia hasta 300 CV (221 kW) en algunos mercados y proporciona una notable elasticidad.

Un inconveniente inherente al turbocompresor fue difícil de superar inicialmente: el retraso de respuesta al acelerar. A bajas velocidades, el 911 Turbo responde a la aceleración de forma muy parecida a su homólogo menos potente con motor atmosférico. Pero, a partir de las 3.500 rpm, cuando se acelera a fondo, sobreviene un empuje inmenso. "Necesitábamos reducir este *turbo lag* para mejorar la conducción", explica el desarrollador Krickelberg.

## Mejora de potencia y elasticidad con dos turbocompresores

Porsche presentó una solución con la cuarta generación del 911 Turbo (993). El Porsche de producción más potente de la época, con 408 CV (300 kW), salió al mercado en la primavera de 1995, por primera vez con dos turbocompresores y dos *intercooler*. Su motor de 3.6 litros causó sensación. Dos turbinas más pequeñas aceleran más rápidamente que una grande. Su menor momento de inercia tiene un efecto positivo. "Y para poner la potencia en la carretera de forma fiable", añade Krickelberg, "el 993 Turbo venía de serie con una tracción total mejorada". Gracias a los avances realizados en el control y los sensores del motor, así como en el moderno tratamiento posterior de los gases de escape, el Turbo de la última generación del 911 refrigerado por aire fue considerado el automóvil de producción con menos emisiones de su época.

## La refrigeración por agua entra en el siglo XXI

August Achleitner calificó el cambio de la refrigeración por aire a la refrigeración por agua en el motor bóxer de seis cilindros como un "billete hacia la nueva tecnología". Esto se hizo en la quinta generación del 911 (996), a finales de los años 90. Achleitner fue Director de Planificación Técnica de Producto y responsable de la gama 911 entre 2001 y 2018. La refrigeración por agua era un requisito indispensable para mejorar las prestaciones, aumentar la eficiencia y cumplir la legislación sobre gases de escape y ruido.

Los ingenieros de Porsche desarrollaron culatas con cuatro válvulas por cámara de combustión. "Ya en 1970 se realizaron pruebas preliminares de un V12 a 180° refrigerado por aire que tenía cuatro válvulas por cilindro, montado sobre un tipo 908 y previsto para el 917. La idea se retomó en la década de 1980 y se probó en banco, de cara a la producción en serie en el 911 tipo 964", recuerda Albrecht Reustle. "Pero la culata literalmente se fundió". Una vez más, la solución vino de la competición: el exitoso prototipo de resistencia 962 ya funcionaba con culatas refrigeradas por agua, al igual que el superdeportivo 959. A pesar de todo el debate de entonces sobre la retirada de la refrigeración por aire, la generación 996 resultó ser un éxito.

## Turbina de geometría variable

En 2006, el 911 Turbo (997) causó sensación con un aumento de la potencia y el par motor superior al 10 %. Fue el efecto de una tecnología nueva y única en el mundo: la turbina de geometría variable (VTG). Optimizaba la eficiencia del turbocompresor en una gama más amplia de revoluciones porque se podía variar el ángulo y la sección transversal con que los gases de escape llegaban a los álabes de la turbina. "El desarrollo del VTG fue pionero y ha sido un elemento diferenciador en la tecnología turbo de los motores de gasolina durante casi 20 años", explica Thomas Krickelberg. "Para variar el flujo de gases de escape hacia la turbina, se orientaban unas pequeñas aletas móviles que debían soportar una temperatura superior a 1.000 grados Celsius". Para ello recurrieron a materiales que también estaban

presentes en el transbordador espacial STS de la NASA.

## Menos cilindrada, más potencia y eficiencia

El siguiente hito tras la introducción de la refrigeración por agua y la turbina VTG se produjo en 2015, con la turboalimentación de las versiones Carrera y Carrera S de la generación 991. Krickelberg: "Reducimos la cilindrada y pudimos lograr simultáneamente un aumento considerable de las prestaciones". En total, con la nueva generación de motores con doble turbocompresor se consiguieron inicialmente 20 CV más de potencia, junto con un menor consumo.

## Hibridación deportiva

Con la actualización de producto de la actual generación del 911 (992), en verano de 2024, se han vuelto a abrir caminos para el perfeccionamiento del motor bóxer de seis cilindros. El 911 Carrera GTS es el primer 911 homologado para carretera dotado de una ligera cadena cinemática híbrida de altas prestaciones. El innovador sistema no solo permite otro aumento significativo de la potencia y una aceleración mejorada, sino que también prepara al vehículo para las futuras normas de emisiones. "Hemos desarrollado y probado todo tipo de ideas y enfoques para elegir un sistema híbrido perfecto para el 911. El resultado es un motor único que se integra en el concepto global del 911 y aumenta significativamente sus prestaciones", afirma Frank Moser, responsable de las gamas 911 y 718.

El núcleo es el turbocompresor dotado de una máquina eléctrica entre la turbina y el compresor. Su función como motor es acelerar rápidamente el compresor para generar presión de sobrealimentación sin ningún retraso. "Proporciona una capacidad de respuesta similar a la de un motor atmosférico", explica Matthias Hofstetter, Director de Proyecto de Sistemas de Combustión e Híbridos del 911. "Y las cifras de aceleración son comparables a las de nuestros deportivos totalmente eléctricos".

La aceleración a bajas velocidades es sensacional, confirma Thomas Krickelberg. "No habríamos podido realizar el aumento de rendimiento previsto con tecnología convencional y, al mismo tiempo, cumplir la futura legislación sobre emisiones". Múltiples medidas condujeron al resultado deseado. La cilindrada ha vuelto a aumentar de 3.0 a 3.6 litros, mientras que el motor de combustión ahora solo necesita uno en lugar de dos turbocompresores gracias a su asistencia eléctrica, lo que se traduce en una mayor capacidad de respuesta y un mayor dinamismo.

"Esto ahorra peso y mantiene el motor compacto", explica el ingeniero Reustle. El sistema de alta tensión también permite accionar eléctricamente el alternador y el compresor del aire acondicionado, eliminando la necesidad de una transmisión por correa. El cárter, un 20 % más aplanado, crea más espacio para componentes adicionales como el inversor de impulsos y el transformador de corriente continua. "No queríamos hacer el 911 más largo, ancho o pesado", dice Hofstetter, "sino aprovechar al máximo la estructura existente". Esto significa una gestión del peso con un aumento significativo de las prestaciones. El sistema de propulsión con turbocompresor eléctrico, ofrecido inicialmente en la

variante GTS, entrega 541 CV (398 kW) y 610 Nm de par. La cadena cinemática también incluye un motor síncrono de imanes permanentes integrado en la nueva caja de cambios de doble embrague y ocho velocidades (PDK) reforzada. Apoya al motor bóxer desde el régimen de ralentí con un par motor de hasta 150 Nm y proporciona una potencia de hasta 40 kW. La propulsión puramente eléctrica, como en un híbrido enchufable, no era un objetivo para el 911 T-Hybrid. "Tampoco queríamos que la batería fuera demasiado grande o pesada", dice Hofstetter, explicando su capacidad de 1,9 kWh.

En lugar de propulsión eléctrica, proporciona la notable ventaja de extraer más energía de los gases de escape. Actuando como generador, puede proporcionar hasta 11 kW de potencia derivada del flujo a través de la turbina.

En ese caso, la máquina eléctrica hace la función de generador. Cuando la presión de sobrealimentación llega a un cierto límite, la producción de electricidad de ese generador frena el giro del turbocompresor. Esa energía se puede utilizar para alimentar la batería o el motor eléctrico integrado en el cambio. Gracias a su eficiente recuperación, la batería relativamente pequeña es suficiente para el uso diario, porque la química de las celdas está especialmente diseñada para los requisitos del sistema T-Hybrid. "La tecnología permite que la batería libere mucha energía en poco tiempo", explica Hofstetter, "y se recarga con relativa rapidez".

Otra ventaja de este sistema es que hace superflua la válvula de descarga, una primicia mundial. "La energía que antes se desviaba para no entrar en la turbina se desperdiciaba", explica Hofstetter. "Ahora genera electricidad a la vez que regula la presión". Esto tiene un efecto positivo en la eficiencia del motor y, por tanto, en el consumo de combustible.

"La turboalimentación combinada con la hibridación, la recuperación de energía, la reducción de la fricción interna del motor, la optimización de la refrigeración y el diseño de la cámara de combustión son los grandes avances", resume Reustle. "Es la receta para cumplir la futura legislación sobre gases de escape y emisiones. Al mismo tiempo, satisfacemos las crecientes demandas de rendimiento y eficiencia". La realización de esta receta, afirma, es "un extraordinario esfuerzo de equipo por parte de todos los implicados".

El motor bóxer de seis cilindros del 911 sigue siendo un propulsor compacto, totalmente en consonancia con la tradición del innovador motor que Hans Mezger inventó en su día para el 911 original.

## Información

Artículo publicado en el número 411 de Christophorus, la revista para clientes de Porsche.

Texto: Thomas Ammann

Fotos: Porsche

Copyright: las imágenes y el sonido aquí publicados tienen copyright de Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Alemania, u otras personas. No se debe reproducir total o parcialmente sin autorización escrita de Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG. Por favor, contacte con [newsroom@porsche.com](mailto:newsroom@porsche.com) para más información.

## Video

[https://newstv.porsche.com/porschevideos/289175\\_en\\_3000000.mp4](https://newstv.porsche.com/porschevideos/289175_en_3000000.mp4)

## Image Sublines

Path: Evolución del motor bóxer del 911/fotos/img\_1.jpg

Title: Primer motor bóxer de seis cilindros de Porsche, 2024, Porsche AG

Subline: El diseño compacto, el alto rendimiento y el bajo peso del primer motor bóxer de seis cilindros de Porsche sentaron las bases para todos los desarrollos futuros.

Path: Evolución del motor bóxer del 911/fotos/img\_2.jpg

Title: Primer turbocompresor del 911, 2024, Porsche AG

Subline: El primer turbocompresor catapultó al 911 de serie a una nueva dimensión en prestaciones.

Path: Evolución del motor bóxer del 911/fotos/img\_3.jpg

Title: Intercooler del Porsche 911 Turbo, 2024, Porsche AG

Subline: El intercooler, situado bajo el alerón trasero, enfriaba el aire procedente del compresor. Esto aumentaba su densidad y, por tanto, la cantidad que entraba en el motor.

Path: Evolución del motor bóxer del 911/fotos/img\_4.jpg

Title: Motor refrigerado por agua del 911 tipo 996 de 1998, 3.4 litros de cilindrada, 2024, Porsche AG

Subline: La refrigeración por agua en el motor del 911 tipo 996 permitió aumentar el rendimiento, reducir la emisión de gases y limitar el ruido, para adecuarse a la normativa.

Path: Evolución del motor bóxer del 911/fotos/img\_5.jpg

Title: Turbocompresor con turbina de geometría variable VGT, 2024, Porsche AG

Subline: En el perímetro de la turbina (a la derecha), unas aletas móviles podían modificar a conveniencia la corriente de entrada de los gases de escape, con el objetivo de acelerar el turbocompresor lo más rápidamente posible en las transiciones de carga.

Path: Evolución del motor bóxer del 911/fotos/img\_6.jpg

Title: Porsche 911 Carrera GTS, 2024, Porsche AG

Subline: Los componentes de alta tensión del sistema T-Hybrid: batería de 400 voltios, motor eléctrico en la caja de cambios de doble embrague y unidades de control electrónico.

Path: Evolución del motor bóxer del 911/fotos/img\_7.jpg

Title: Elementos del sistema T-Hybrid del Porsche 911 Carrera GTS, 2024, Porsche AG

Subline: El nuevo bóxer de 3.6 litros, como todos los motores del 911 hasta la fecha, se distingue por sus proporciones compactas. El cárter plano crea espacio para los componentes del motor T-hybrid. En la imagen, el interior del turbocompresor eléctrico.

## Link Collection

Link to this article

[https://newsroom.porsche.com/es\\_ES/producto/2024/sistema-hibrido-porsche-911-36748.html](https://newsroom.porsche.com/es_ES/producto/2024/sistema-hibrido-porsche-911-36748.html)

Media Package

<https://pmdb.porsche.de/newsroomzips/55669574-e670-4cfc-aec1-7a25258b85de.zip>

External Links

<https://christophorus.porsche.com/es.html>