



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 10 / 2025

Santiago, 16 de abril de 2025

BOEING REALIZA CON ÉXITO LA PRIMERA PRUEBA DE NAVEGACIÓN CUÁNTICA

Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 Min. de lectura.

La empresa Boeing terminó el primer vuelo de prueba registrado en el mundo con diversos sensores cuánticos en el año 2024, lo anterior, permitió que una aeronave Beechcraft 1900D en vuelo navegara sin el sistema de navegación GPS durante cuatro horas.

Si bien los sensores cuánticos para la navegación se han investigado en entornos de laboratorio durante años, la prueba fue el primer funcionamiento conocido de los sensores en un avión durante el vuelo. Este vuelo y los posteriores, produjeron datos de navegación en tiempo real, necesarios para cualquier aplicación de la tecnología.

El sistema de navegación cuántica regularmente no experimenta interrupciones temporales del servicio que pueden surgir con los GPS actuales u otros sistemas de navegación. La precisión del sistema de navegación cuántica podría permitir que los aviones en rutas comerciales naveguen sin GPS durante todo el vuelo.



Investigadores técnicos a bordo del vuelo de prueba, Fangzhao Alex An, Cody Gruebele, Minh Nguyen y Rachel Sapiro monitorean los datos de navegación. FOTO: JONATHON HENDRICKSON/BOEING.

Midiendo el éxito.

El equipo realizó la prueba utilizando una unidad de medición inercial cuántica (IMU) de seis ejes. La IMU se integró en un sistema de navegación inercial completo y se instaló en un Beechcraft 1900D para la

serie de pruebas de vuelo. Una IMU cuántica está diseñada para ser más precisa que las IMU convencionales. Una mayor precisión puede llevar a reducir los errores de navegación de decenas de kilómetros al final de un vuelo largo a sólo decenas de metros.

El vuelo de prueba de San Luis demostró de modo indiscutible y concluyente que los sensores cuánticos pudieron funcionar con éxito durante despegues, aterrizajes y múltiples maniobras.

“Boeing está liderando el desarrollo de tecnología cuántica que ayudará a mejorar la seguridad del vuelo”, afirmó Ken Li, investigador técnico senior de Boeing e investigador principal de navegación cuántica.

Cualificaciones cuánticas.

Boeing colaboró con AOSense, con sede en California, para diseñar y construir la IMU cuántica.

“Diseñamos nuestra IMU cuántica para un funcionamiento robusto en entornos hostiles y nos complace confirmar que, durante las pruebas de vuelo, el sensor funcionó a lo largo de todos los ejes de entrada, como anticipamos”, afirmó el presidente de AOSense, Brenton Young. AOSense ha estado desarrollando sensores cuánticos desde el año 2004.

¿Cómo funciona el sistema?

Mientras que el GPS calcula la posición triangulando datos entre varios satélites, la navegación cuántica emplea el movimiento de los átomos. Es mucho más preciso y nunca se corta, ni puede ser espiado.

La IMU utiliza una técnica de detección cuántica llamada interferometría atómica para detectar la rotación y la aceleración utilizando átomos, proporcionando una navegación precisa y exacta sin una referencia GPS.

La IMU consta de tres sensores inerciales cuánticos, cada uno de los cuales mide las aceleraciones y rotaciones de un solo eje de la aeronave.

La IMU rastrea la trayectoria que tomó el avión desde su posición inicial. Los ingenieros de Boeing integraron los sensores inerciales cuánticos con sensores y hardware adicionales para garantizar un rendimiento confiable en vuelo.

El resultado fue el primer sistema de navegación cuántico conocido de su tipo.

Rápido hacia lo cuántico.

“La capacidad de operar con seguridad en entornos sin GPS es fundamental tanto para aplicaciones comerciales como de defensa”, afirmó Todd Citron, director de tecnología de Boeing.

Esta prueba de vuelo demuestra el enfoque innovador de Boeing para aprovechar las tecnologías cuánticas ante desafíos operacionales relevantes.

La interacción y las pruebas rápidas permitieron al equipo de Boeing y AOSense avanzar la tecnología desde tres sensores de un solo eje que operan en un entorno de laboratorio a una IMU cuántica que opera en vuelo en un período de solo 15 meses.

Durante este tiempo, el equipo realizó numerosas pruebas de laboratorio, en vehículos terrestres y en vuelo, cada una centrada en identificar mejoras para aumentar la capacidad y la confiabilidad del sensor.

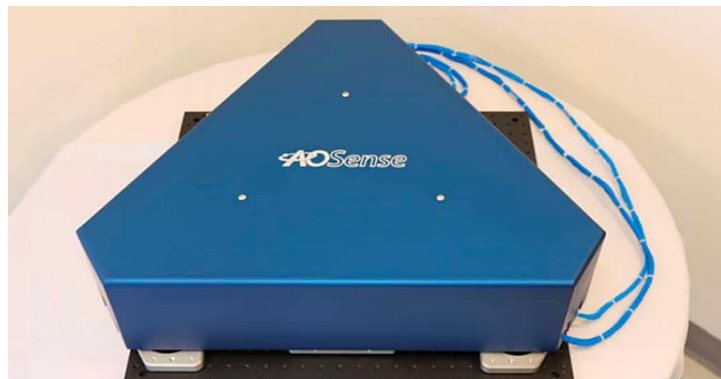
“Estos rápidos avances indican que los sensores cuánticos son muy prometedores para formar parte de la próxima generación de sensores de navegación”, afirmó Jay Lowell, investigador técnico principal sénior de Boeing y gerente de investigación en tecnología cuántica.

“Esta prueba de vuelo es un primer paso histórico en esa dirección”.

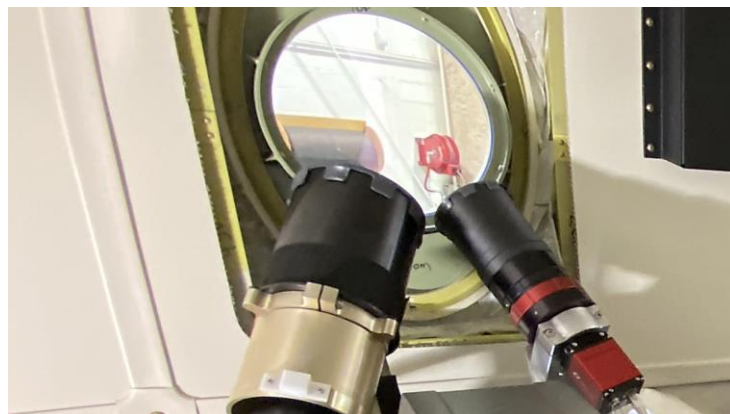
Rastreador de estrellas.

Los vuelos también probaron el software de posicionamiento, navegación y sincronización de todas las fuentes (ASPNT) de Boeing.

El software combina información de múltiples modalidades de detección de navegación sin GPS, incluidas la navegación basada en visión, la navegación referenciada por el terreno, la navegación referenciada por anomalías de gravedad, la navegación referenciada por anomalías magnéticas, un rastreador de estrellas y una señal de oportunidad (SOOP) en múltiples niveles de preparación tecnológica.



MIRADA MÁS DE CERCA: El cabezal del sensor IMU cuántico de AOSense funcionó con precisión durante las pruebas de vuelo. FOTO: AOSENSE.



ASIENTO DE VENTANA: Dos telescopios se encuentran en la ventana del avión. Una IMU adjunta permite que el rastreador de estrellas corrija la vibración y el movimiento de la aeronave para identificar mejor las estrellas dentro del campo de visión del rastreador. FOTO: JONATHON HENDRICKSON/BOEING.

Además de la IMU cuántica, los vuelos probaron otros dos sensores: AQNav, un sistema de navegación cuántica de pila completa de SandboxAQ, y un rastreador de estrellas con capacidad para detectar luz diurna que Boeing desarrolló con HRL Laboratories. La combinación de AQNav con el rastreador de estrellas fue esencial para el desarrollo de la tecnología de navegación referenciada por anomalías magnéticas.



Equipo de investigadores técnicos: Minh Nguyen, HRL Laboratories; Los compañeros de equipo de Boeing Clayton Staszewski, Jonathon Hendrickson, Noah Pecor, Michael Shelton y Ron Berzins; y Fangzhao Alex An y Rachel Sapiro, AOSense. FOTO: SEAN REDINGTON/BOEING.

El rastreador de estrellas proporcionó referencias precisas de actitud y posición para apoyar las pruebas de vuelo. La tecnología infrarroja de onda corta (SWIR) del rastreador de estrellas también es un desarrollo único. En comparación con los rastreadores de estrellas utilizados en sistemas militares hace 50 años, el sistema diseñado por Boeing es más pequeño, pesa menos, utiliza una fracción de la energía y logra un mejor rendimiento. Dos telescopios, junto con cámaras SWIR, forman la parte principal del rastreador de estrellas. El rastreador de estrellas está montado junto a una ventana personalizada que es transparente a la luz SWIR, lo que hace que el rastreador de estrellas sea operativo.

Medición magnética.

AQNav utiliza el campo magnético de la Tierra para comparar mediciones en tiempo real con un campo magnético previamente mapeado. Este enfoque, combinado con los datos de la IMU, ancla significativamente la deriva de la IMU al limitar los posibles errores de navegación a través de un proceso que correlaciona la trayectoria de la aeronave con los datos magnéticos observados.

AQNav ayuda a garantizar que las desviaciones de navegación permanezcan dentro de un margen operativo. Esto da como resultado un sistema de navegación alternativo altamente confiable y preciso que reduce efectivamente la acumulación de errores a lo largo del tiempo, lo cual, es fundamental para volar

en áreas donde no hay señales GPS disponibles. Diseñado para funcionar de forma ininterrumpida, a prueba de manipulaciones, las 24 horas, en cualquier condición meteorológica y sin dependencia del terreno, AQNav, es una tecnología pasiva que funciona en segundo plano sin interacción del usuario.

“El rápido progreso se ha acelerado enormemente gracias al enfoque colaborativo de Boeing y sus excepcionales capacidades de integración con SandboxAQ”, afirmó Eddie Rodríguez, ingeniero sénior de hardware de AQNav. “Esta sólida colaboración, combinada con nuestra experiencia en modelado de IA, nos ha permitido ofrecer un sistema mejorado y demostrar sus capacidades en tan solo seis meses”.

Lo que viene después.

La empresa Boeing realizará una serie de pruebas de laboratorio para ayudar a comprender cómo se comportan los sensores de navegación cuántica IMU en determinadas condiciones ambientales, como la temperatura y la vibración.

Estas pruebas proporcionarán datos a los ingenieros de Boeing y AOSense para mejorar el rendimiento, la robustez y la confiabilidad del sistema de navegación cuántica.



CAJA PARA EXTERIORES: FOTO: SANDBOXAQ.

La navegación cuántica parece una alternativa de futuro para sustituir al GPS, al menos en entornos militares y comerciales en donde se requiera precisión máxima, y reducir a cero los posibles cortes de conexión.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, Aeroflap, Computer, Boeing.