

Los equipos automáticos de prueba, base del mantenimiento de sistemas electrónicos

LUIS BELTRAN TALAMANTES,
Capitán Ingeniero Aeronáutico

INTRODUCCION

A pesar de memorables declaraciones en contra, es un hecho bien conocido que la electrónica nunca es cien por cien fiable: los equipos fallan.

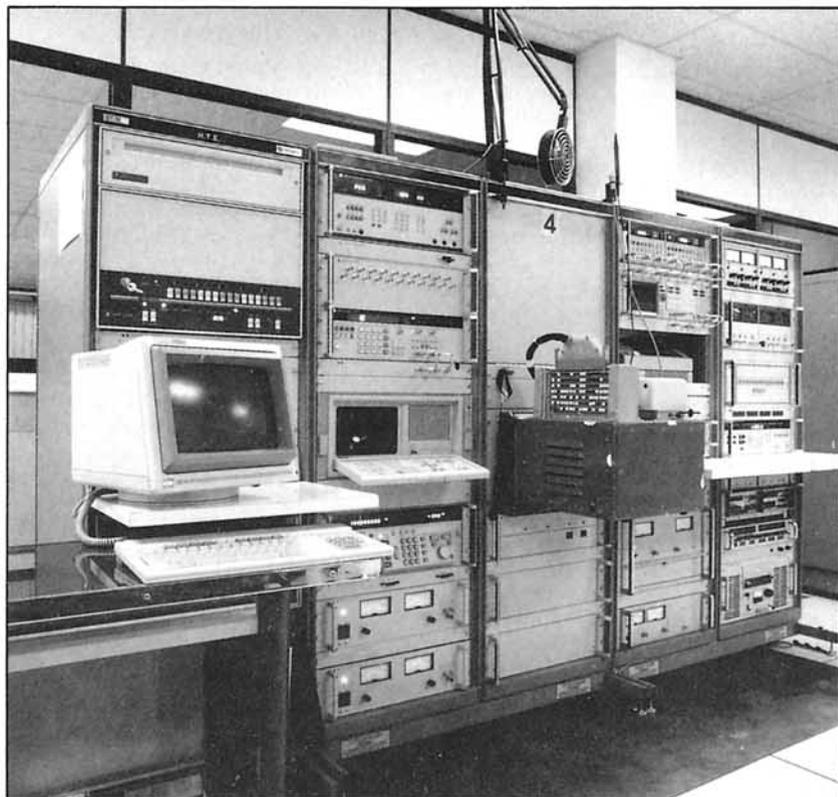
La razón última de todo esfuerzo de apoyo en sistemas militares es que estos deben ser mantenidos en condición útil, tanto para el entrenamiento diario como para una eventual confrontación bélica, y esto de la manera más rápida posible y a un razonable coste-eficacia.

Con los complejos sistemas actuales, establecer una política de mantenimiento no es una tarea trivial. Deben ser contempladas variables como fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, testeabilidad, test integrado (Built-in Test, BIT), entrenamiento del personal, equipo de apoyo necesario, logística involucrada, etc.

Una vez fijados unos objetivos, minimizar costos de mantenimiento (en tiempo, dinero y disponibilidad) es fundamental.

La disponibilidad de sistemas, en general, es igualmente dependiente de la fiabilidad de los equipos (alto MTBF) y del tiempo de inoperatividad de los mismos (bajo MDT).

La fiabilidad ha sido muy cuidada en la industria de la electrónica militar y aunque se pueden esperar mejoras, éstas conllevan ya muy altos costos de producción. Sin embargo, el parámetro MDT no ha sido tan explotado. El MDT está directamente relacionado con los medios de mantenimiento disponibles y su perfeccionamiento.



Sistema HTE desarrollado por INISEL para tarjetas de aviónica del EF-18.

Esto ha llevado en los últimos años a adoptar de forma generalizada los Equipos Automáticos de Prueba (ATE) como elemento básico en el mantenimiento de sistemas, principalmente (aunque no exclusivamente) en los electrónicos, reemplazando las pruebas manuales, más lentas y que requieren empleo muy especializado de

multitud de equipos e instrumentos de prueba, manejados por personal de alto nivel de entrenamiento con resultados no superiores en fiabilidad.

¿QUE ES UN ATE?

Un Equipo Automático de Pruebas (Automatic Test Equipment,



Sistema RSTS de EMERSON para el radar AN/APG-65 del EF-18

ATE) es un conjunto de elementos integrado en mayor o menor grado, cuya misión es realizar de forma automática o semiautomática el proceso de detección y aislamiento de averías hasta determinado nivel en sistemas que a partir de ahora consideraremos electrónicos.

Con este propósito, los ATEs han evolucionado desde unos primitivos simples secuenciadores, a instrumentos controlados por programas soportados en cinta de papel, hasta los actuales ATEs sofisticados controlados por computadores y fuertemente apoyados en otros conceptos y técnicas, como el Built-in Test (BIT).

Como norma general suelen estar compuestos por un "Banco" propiamente dicho y unos conjuntos (Test Program Set, TPS, en la notación de la norma MIL-T-85549) más o menos personalizados para cada uno o varios de los elementos a probar.

Estos TPS están formados por un elemento físico de interconexión banco/unidad bajo prueba, llamado Interface Device (ID), el software necesario para realizar las pruebas, en un soporte adecuado (disco, cinta, ...) usualmente llamado Test Program Media (TPM) y un conjunto de documentación técnica Test Program Instruction (TPI) relativa tanto a la unidad bajo prueba (Unit Under Test, UUT) como al TPM, ID, y elementos empleados en la prueba.

El banco suele estar formado por un subsistema de alimenta-

ción, que comprende las fuentes de alimentación y sus programadores, un subsistema de estímulos, que está constituido por los equipos que proporcionan señales analógicas o digitales, un subsistema de respuestas formado por los equipos que reciben señales de la UUT para su medida, un subsistema de conmutación, con teniendo los elementos necesarios para canalizar adecuadamente las señales hacia la UUT o las respuestas procedentes de la misma, así como sus elementos de gobierno, y un subsistema de control

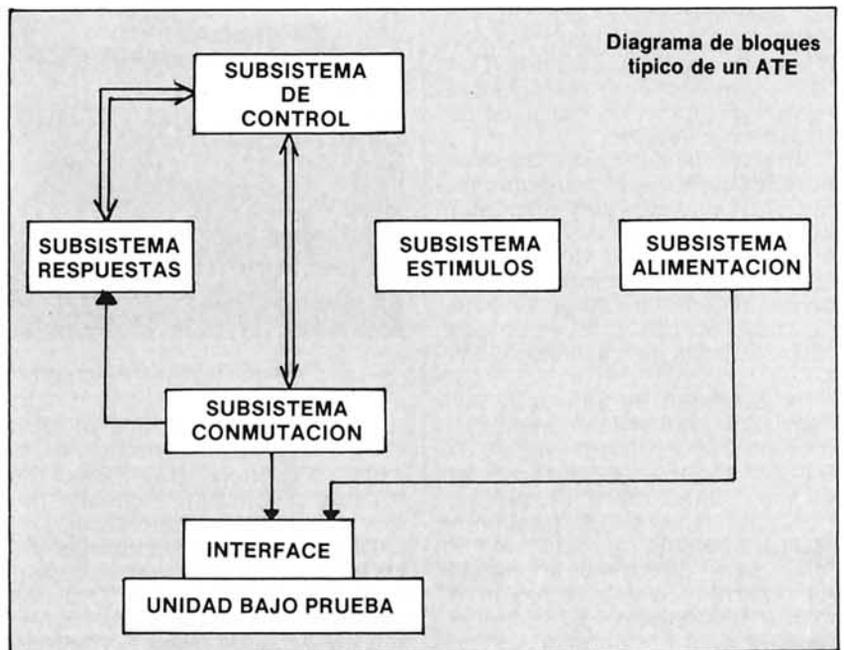
cuya función es controlar al resto, ordenar el proceso según programa, evaluar resultados y permitir la comunicación con el operador.

Como veremos, en algunos casos estos elementos varían, o incluso algunos de ellos no existen o son reemplazados por otros, dependiendo del entorno y la naturaleza del trabajo del banco, pero esencialmente las funciones permanecen.

Conviene anticipar que el concepto de detección y análisis de averías o de mantenimiento en sistemas de aviónica de las últimas generaciones, suele definirse en tres o cuatro niveles:

— 1º nivel o escalón (on-equipment): Detección de anomalías y su aislamiento a uno o varios módulos reemplazables sobre el propio avión, usualmente conocidos como LRU, Line Replaceable Units, o WRA, Weapon Replaceable Assembly. Estos WRA son sustituidos sobre avión y enviados a ser sometidos a pruebas a un nivel más alto. La aeronave es considerada RFI (Ready For Issue). En este nivel, se hace uso cada vez más profundamente de las características de auto test integrado (BIT) de los propios sistemas y WRA, que en muchos casos, sin apoyo exterior son capaces de aislar las anomalías a nivel de uno o varios WRA.

— 2º nivel o escalón: Detección de anomalías sobre un WRA y aislamiento a uno o varios submódulos (SRA, Shop Replaceable Assembly) que suele ser del tipo "tarjeta".



Estos SRA son sustituidos en el WRA, y enviados a ser diagnosticados a mayor nivel. El WRA es considerado RFI y devuelto a los almacenes de repuesto.

— 3^{er} nivel o escalón: Es el más alto nivel. Los SRA son sometidos a pruebas de detección y aislamiento de las averías a uno o varios componentes, tipo circuito integrado, transistor, etc. Estos componentes son sustituidos y el SRA dado como RFI, es devuelto al repuesto.

LOS ATEs EN EL EJERCITO DEL AIRE

Aunque anteriormente han existido en el inventario del Ejército del Aire algunos ATEs o sistemas que se pueden considerar como tales, es con el programa EF-18 cuando se ha producido su incorporación con carácter de soporte básico de la aviónica del EF-18 a los distintos niveles.

Se encuentran en servicio actualmente:

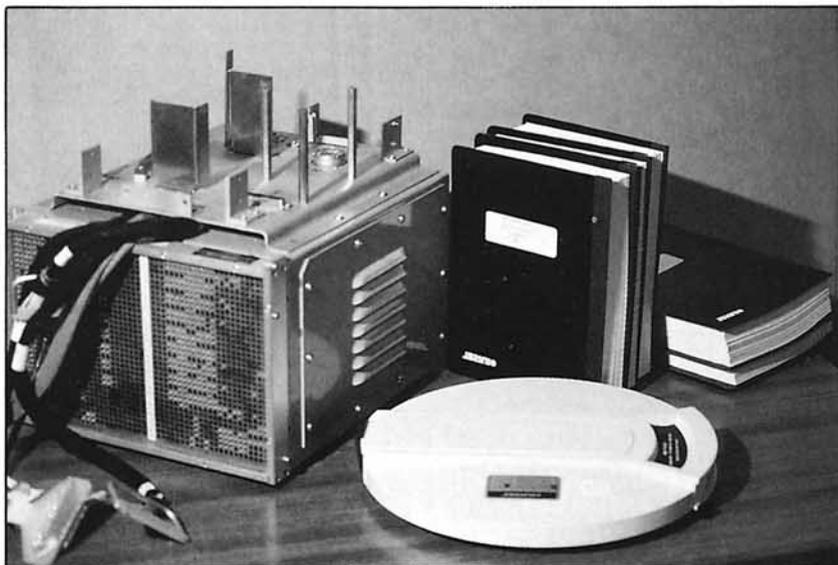
AFTA: (Avionics Fault Tree Analyzer)

El AFTA es un equipo transportable, militarizado, controlado por un sistema basado en microprocesadores, cuya misión es comprobar el funcionamiento de WRA de aviónica. Para ello el AFTA recibe alimentación del avión y accede a las UUT a través del Bus de Transferencia de datos AVMUX tipo MIL-STD-1553 del avión.

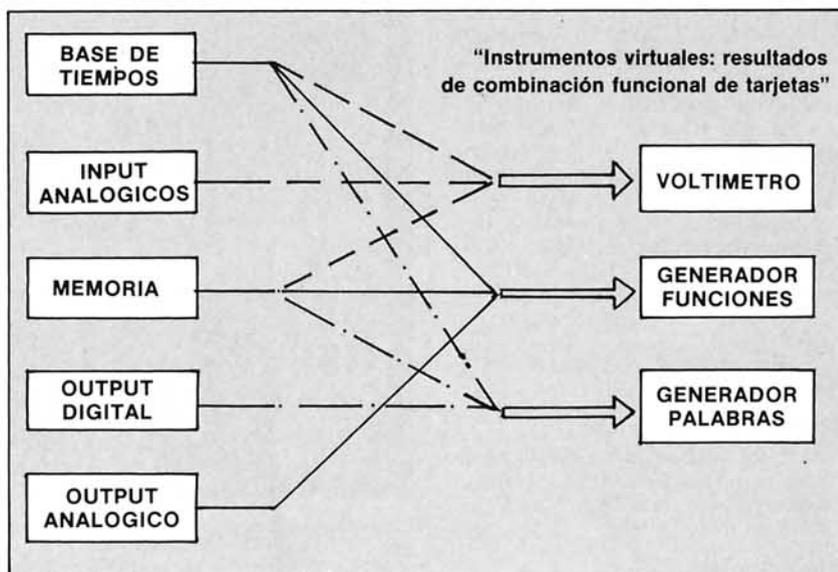
Es un equipo de proceso de datos de test, pues no estimula con señales a la UUT, ni emplea un hardware específico de medidas de respuestas como podrían ser voltímetros, analizadores de espectro, etc. Carece también de ID. El hardware del AFTA es el propio avión. Realiza fundamentalmente un análisis de los datos provenientes del BIT de los sistemas y subsistemas del avión, la inspección de memorias en los WRA, y un proceso de "árboles lógicos". Actúa con una filosofía de test "funcional", es decir, no mide parámetros ni valores sino que somete a la UUT a unas condiciones reales de funcionamiento y comprueba si ésta responde con arreglo a lo esperado.

Todo ello para llegar a detectar sobre el avión si los WRAs funcionan o no y en caso de fallo, a aislar la anomalía en uno o varios SRAs.

Además realiza las funciones de carga y verificación de los programas operativos (OPF) de los



Elementos de un TPS: Software (TPM), Hardware (ID) y Documentación (TPI).



Mission Computer 1 y 2 y Armament Computer.

AIRSIM: (Aircraft Simulator)

La utilización del AFTA para determinar tarjetas averiadas dentro de WRAs, supone estar usando un avión de combate EF-18 como "banco de pruebas", un tiempo medio de 1,3 horas por WRA (contando todos los tiempos invertidos en el proceso). Esto no es admisible desde el punto de vista de disponibilidad del avión.

Para poder realizar estas pruebas sobre las WRAs que han sido señaladas como "en fallo" por el BIT del avión, fuera del propio avión, es necesario reconstruir o simular todo el entorno funcional de aviónica, de modo que ni el AFTA ni la WRA UUT diferencien

si están o no trabajando sobre el avión.

Esta es la misión del AIRSIM. El conjunto AFTA + AIRSIM forma el ATE que desarrolla en realidad las funciones de 2^o escalón para 16 WRAs.

HTE-1: (Hornet Test Equipment)

Ciento treinta SRAs son diagnosticados hasta nivel de componente, en este ATE típico de los trabajos de 3^{er} escalón, cuyo elemento de control es un ordenador HP-1000M45, que junto con sus unidades asociadas controla los 34 equipos integrantes de los demás subsistemas.

HTE-2:

Segunda fase del HTE que com-

plementa la capacidad del primero en 20 WRAs y 80 SRAs.

RSTS: (Radar Set Test Station)

Seis WRAs del radar Hughes AN/APG-65 son probados en 2º escalón y 21 SRAs del mismo, hasta nivel de componente.

Otros ATEs inciden en áreas diferentes, como el STS (Servocylinder Test Station) que prueba y diagnostica actuadores y servocilindros del sistema de mandos de vuelo del EF-18. Otros se unirán en breve.

EL FUTURO

Los ATEs del futuro están siendo desarrollados ya. En su diseño se están introduciendo conceptos y tecnologías nuevos o de reciente aplicación. Algunos de estos son:

Software:

Tendencia a la multisoportabilidad (validez para muchos ATEs diferentes).

Nuevos desarrollos de los lenguajes ya usados: ATLAS, SLIC (Standard Language for Instrument Control), CIIL (Control Interface Intermediate Language).

Normalización de diseño y desarrollo de software: ADA (MIL-STD-1815; Projects Standard Language in Non Data Processing Areas), NATO Standard AQAP-1 y AQAP-13.

Incorporación creciente de la Inteligencia Artificial.

Transmisión de datos:

Bus de transmisión de datos de alta velocidad VMEBus/virtual Memory Expanded Bus.

Uso de fibra óptica.

Ambientales:

Mejoras en: diseño en protección EMC (Electro Magnetic Compatibility), EMP (Electro Magnetic Pulse), TREE (Transient Radiation Effects).

Acondicionamiento ambiental integrado, niveles sonoros audibles internos y externos, firma térmica externa, ...

Arquitectura:

Estructuras jerarquizadas, con control descentralizado de procesos.

Subsistemas integrados de test y conmutación: Mejora de la rapidez del proceso de prueba y relación efectiva de test.

Concepto IAC (Instrument-on-card): Instrumento en una sola tarjeta de tamaño normalizado fácilmente sustituible.

Instrumentos virtuales: Combi-

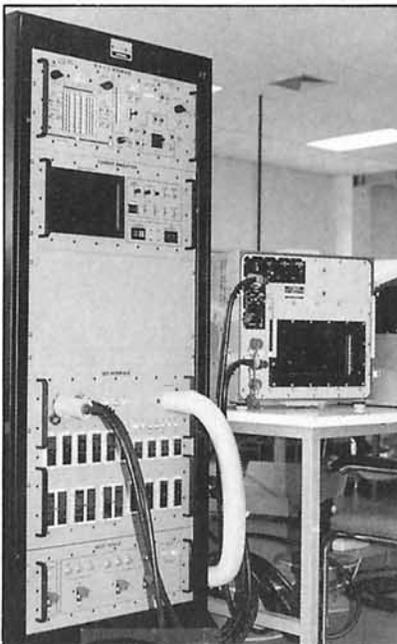
naciones de funciones de varias tarjetas normalizadas equivalen o generan las de varios instrumentos que en realidad no existen físicamente.

Otros:

Sistema de diagnóstico remoto: Vía modems de alta velocidad y redes de comunicaciones.

Uso de componentes VHSIC (Very High Speed Integrate Circuits): Mayor rapidez y fiabilidad.

Estos nuevos conceptos ya están siendo usados en diversos grados, en programas en marcha actualmente que proporcionarán los



El conjunto AFTA (Avionics Fault Tree Analyzer) y Airsim (Aircraft Simulator) permiten el mantenimiento en segundo escalón de 16 módulos (WRA, Weapons Replaceable Assembly) del EF-18. INISEL ha intervenido activamente en la puesta a punto de este equipo para el Ejército del Aire.

ATEs del futuro. Algunos de estos programas son:

CASS: (Consolidated Automated Support System).

Programa de la US NAVY. Contratista principal: General Electric. Desarrollo de hardware y software de orientación modular, basado en principios de flexibilidad y normalización. Generará ATEs modulares para distintos niveles de mantenimiento y, distintas aplicaciones: Electro-óptica, radar, comunicaciones, navegación e identificación, guerra electrónica e híbridos. Las entregas de producción comienzan a mediados de 1990.

MATE: (Modular Atomated Test Equipement).

Programa de la USAF. Lleva aplicándose desde 1978 a partir de la publicación de la AFSC/AFLC Joint Regulation 800-23. Al contrario que CASS, no es un programa de desarrollo y adquisición de un hardware y software concreto, sino un programa general que define y emite normas a las que deben ajustarse los ATEs para ser homologados.

Equipos completos homologados MATE y ya en servicio son el ATE para el Sistema de Navegación Inercial del avión A-10, y el futuro DATSA (Depot Automatic Test System for Avionics) para el bombardero B-1B.

IFTE: (Intermediate Field Test Equipement)

Programa del US ARMY. Sistema modular orientado a 1º y 2º escalón, expandible, con fuertes requerimientos de movilidad y autosuficiencia. Contratista principal Grumman. Las entregas de equipos comenzarán en 1989.

MPG: (Module Für Prüfgerate).

Programa del Ministerio de Defensa Alemán. Contempla un proyecto completo de normalización en documentación, material, apoyo, diseño de módulos de hardware y software para niveles 2º y 3º (parcialmente) de aviones, carros de combate, vehículos, torpedos, RPVs, ... Basado en el concepto IAC e instrumento virtual. La fase de desarrollo se ha completado a finales de 1987.

La industria española ha afrontado con éxito el reto de las tecnologías avanzadas en el área electrónica. Frutos de este esfuerzo conjunto de empresas privadas y públicas, y de entes estatales, civiles y militares, ocupan un lugar destacado dentro del panorama internacional. Concretamente en ATEs, los desarrollos del AIRSIM, HTE-1 y HTE-2 de INISEL dan buena muestra del elevado nivel alcanzado. Esta misma empresa, a la cabeza de la industria electrónica nacional en el campo de los ATEs, está desarrollando el MINIBENCH para el sistema de navegación inercial de EF-18 y el BASAM (Banco Automático para el Soporte del Avión Mirage F-1), en los cuales se espera la incorporación de algunas de estas técnicas avanzadas.

La coyuntura es favorable, las perspectivas de futuro son razonablemente esperanzadoras. Esperemos, pues, ver resultados. ■