

La siguiente generación de sistemas: ¿podremos afrontarla?

JOSE CORRUJEDO BERMEJO,
Capitán I.A.

LA piedra angular del método científico es la validación de la teoría mediante la experimentación, y es una ironía de la ciencia de hoy en día el hecho de que ya no pueda ser así. Por ejemplo, alguna de las físicas teóricas de hoy se mueven en campos del tiempo y del espacio que parecen impedir la experimentación. ¿Estamos acercándonos a las fronteras de la observación y la experimentación que anclarán nuestro método científico? ¿Ha alcanzado la física teórica el estadio de la metafísica?

Para la comunidad de la ingeniería aeroespacial y sus usuarios (militar/civil) esto hubiera sido una simple nota de interés, excepto por el hecho de estar afectados por el mismo problema: la próxima generación de sistemas va a poner en tela de juicio nuestros métodos tradicionales de ensayo y evaluación. Por ejemplo, la nueva generación de aviones de combate maniobrará en régimen supersónico. ¿Habrán áreas de ensayo y entrenamiento para respaldar y confirmar estas cualidades?

Otros adelantos en las áreas de fiabilidad, mantenibilidad, estructuras de materiales compuestos y aeroelasticidad, y guerra electrónica, por citar algunas, presentarán retos semejantes. Pero ninguno de estos retos será tan exigente como aquellos creados por los avances en técnicas de control, con la mezcla y combinación de subsistemas en un conjunto integrado/adaptable. Cada subsistema debe compartir, de forma óptima, su información, capacidades y medios de cálculo para obtener la máxima performance de una manera adecuada para el usuario(s). El problema consiste ahora en que no podemos validar el sistema en su macronivel (por la infinidad de casos posibles, ramificaciones de las decisiones, y cambios frecuentes), ni tampoco

podemos evaluar independientemente los subsistemas a su macronivel (pues la actuación puede ser diferente a cuando está integrado en el sistema).

SOFTWARE OPERATIVO

La introducción de software (s/w) en estos sistemas (llegando al 90% en coste en algunos programas aeroespaciales), viene a incrementar la magnitud del problema. El desarrollo de sistemas de s/w comprende actividades de producción en las cuales las posibilidades de inserción de errores humanos son enormes. Los errores pueden aparecer en la concepción del proceso, cuando los objetivos del sistema de s/w pueden ser especificados errónea o imperfectamente, así como en las fases posteriores de diseño y desarrollo, cuando estos objetivos son mecanizados. La meta fundamental de la calidad en el s/w es que realice sus funciones de la manera en la que fue diseñado por sus arquitectos. Para conseguir esta calidad, el producto final debe contener un mínimo de errores en la forma en la que se mecanizan las intenciones, así como evitar errores en la concepción de estas intenciones. Debido a la incapacidad humana de realizar labores y/o comunicarse con perfección, el desarrollo de s/w está acompañado de unas actividades de Verificación y Validación (V & V). La importancia de la V & V en los proyectos de s/w continúa creciendo a medida que el proceso de datos interacciona cada vez más en áreas críticas, como son, en el caso de la aeronáutica militar y civil, el control de las superficies aerodinámicas y de la estabilidad de la aeronave, detección y proceso de las amenazas, etc., donde un fallo de software puede tener efectos catastróficos, resul-

tando en pérdida de vidas humanas y costosos recursos materiales.

VERIFICACION Y VALIDACION

Los términos Verificación y Validación (V & V) han proliferado en la literatura del s/w con diferentes significados o definiciones implícitas. Sin que exista una autoridad absoluta, se puede decir que Verificación se refiere a la actividad que asegura que sucesivos pasos en el ciclo del desarrollo del s/w abarcan correctamente las intenciones de pasos previos. Validación tiene una connotación más global; su fin es asegurar que el producto final de s/w funciona y contiene aquellas características definidas en sus especificaciones de diseño o requisitos. Adicionalmente, Certificación es la actividad que asegura que el sistema diseñado (hardware y s/w) interacciona correctamente y realiza las funciones requeridas dentro del sistema total.

Una peculiaridad que dificulta las actividades de V & V en los sistemas de s/w para Defensa y en los aeroespaciales, es que muy frecuentemente requieren cálculos considerados en tiempo real, permitiendo que los resultados puedan influenciar el proceso que está teniendo lugar. Las características de estos sistemas son más críticas ("timing" más estricto y limitaciones de almacenamiento en memoria), requiriendo ensayos más intensivos para alcanzar un estado operativo fiable, y hacen más difícil satisfacer los altos standards que se exigen. Las cualidades que complican los ensayos de un sistema en tiempo real se pueden identificar como:

- magnitud del esfuerzo de ensayos,
- repetitividad
- interacción de equipos (multi-proceso)

- interacción de programas (multiprograma).
- complejidad lógica inherente, y
- almacenamiento de acceso aleatorio.

Otra consideración es la credibilidad de los ensayos en un entorno diferente al que el sistema operará posteriormente. Los ensayos se hacen previamente en las instalaciones de desarrollo de s/w. Se necesita, pues, un esfuerzo extra para disimular con exactitud razonable el entorno operativo, con interacciones reales. Este es el caso, por ejemplo, de ensayos de radar o de guerra electrónica, que nunca alcanzan el nivel de realismo de un escenario táctico.

La tendencia de V & V en los proyectos de s/w modernos envuelve las actividades del ciclo completo de vida del s/w. Esto permite corregir errores en las fases tempranas del proyecto, menos costosos de corregir que en las fases últimas. La responsabilidad de V & V se distribuye a lo largo de tres organizaciones que son:

Ingeniería de Sistemas. Este suele ser el más pequeño de los tres grupos, y responsable de definir la arquitectura general del sistema. Esto incluye la definición de las especificaciones del sistema, su diseño y los requisitos de cada uno de los "Computer Program Configuration Item" (CPCI). Enfocando la responsabilidad de la definición y mantenimiento de los requisitos de un sistema a una sola organización, se garantiza que la arquitectura del sistema refleja una única filosofía y un conjunto unificado de conceptos. La ingeniería de sistemas define el sistema de s/w a un nivel abstracto y no prescribe una mecanización específica.

Desarrollo de Software. Esta organización diseña y mecaniza el producto de s/w de acuerdo con la intención de sus arquitectos. En proyectos grandes, el desarrollo de s/w puede estar dividido en varios grupos. Cada grupo desarrolla una parte del sistema, generalmente un CPCI. Una vez concluidas las diferentes partes, éstas pasan a los ensayos de cualificación finales realizados por la Organización de Ensayos Independientes.

Organización de Ensayos Independientes (Independent Test Orga-

nization, ITO), que escruta mediante ensayos el producto de s/w, e identifica las discrepancias en las que los requisitos no han sido mecanizados correctamente, y que son transmitidas para el desarrollo de su corrección. La ITO también integra CPCI's individuales para formar un sistema integrado.

Las actividades de V & V durante el ciclo de vida del s/w según Michael Deutsch en su libro "Software Verification and Validation", están resumidas en la Figura 1.

A pesar de todo, en la actualidad, muy pocos son los grandes sistemas de s/w que son entregados dentro de los límites de costes, calendario y especificaciones. Esta crisis es conocida desde hace tiempo: el "Defense Science Board" en USA admite en su informe sobre s/w militar que "el problema es real, aunque no urgente". También proclama que los mayores problemas en el desarrollo de s/w son a nivel de gestión/directivo y no técnico. En cualquier caso, técnicas mejoradas de V & V pueden aliviar este problema.

CONSIDERACIONES GENERALES

Se puede concluir, después de estas observaciones, que la mayoría de las instalaciones de Ensayos y Evaluación (T & E, Test and Evaluation) y su metodología no podrán satisfacer la demanda impuesta por la nueva generación de sistemas de armas integradas/adaptables. Este es un problema de gran envergadura económica, una prioridad nacional crítica que reta a la Administración/Dirección de los países a los más altos niveles. Y con razón es así, pues si no, la ingeniería y operaciones evolucionaría hacia un metaverso donde el hecho no podría ser discernido de la ficción. Esto es: en sistemas tan complejos se deben realizar controles y evaluaciones tempranas para evitar desarrollos de alta tecnología, pero que resulten en bajo o ningún incremento de la operatividad del sistema, en discordancia con los requisitos, y/o en costes desorbitados.

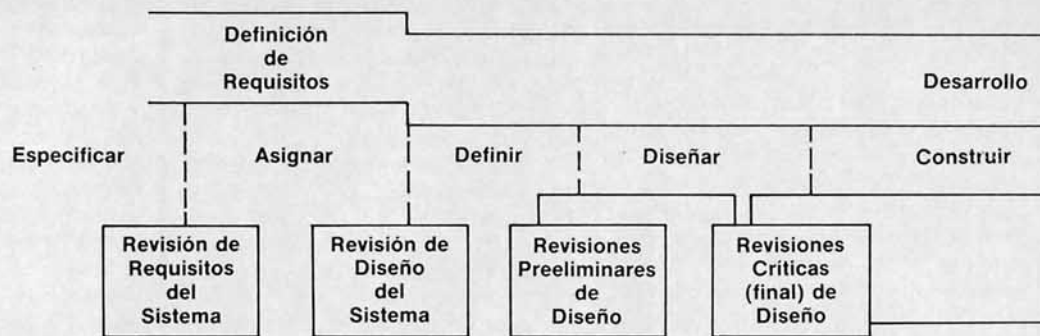
Pero tan urgente y visible como es el problema de los ensayos y evaluación, es solo la punta del iceberg, puesto que la tecnología de hoy en día también desvirtúa las fronteras tradicionales entre organizaciones.

La superficie de contacto entre tales organizaciones, usuario y contratista, entre Investigación y Desarrollo (R & D, Research and Development) y T & E, Ensayos de Desarrollo y Evaluación (DT & E, Developmental Test and Evaluation) y Ensayos y Evaluación Operativos (OT & E, Operational Test and Evaluation), entre OT & E y Operaciones, entre DT & E y Logística, ya no son tan claras como lo eran antes. Estos límites están borrosos: primero, por el hecho de que el desarrollo nunca termina, y segundo, por el requisito de comunicación instantánea entre las organizaciones. Este es el caso que se da entre R & D y V & V en el desarrollo de s/w: es totalmente imprescindible imponer límites de coste y tiempo para evitar que V & V no termine nunca de identificar deficiencias o mejoras que serán transmitidas a R & D para su desarrollo, iniciando todo el proceso de T & E de nuevo, con el consiguiente retraso operativo y coste económico. Así pues, es importante ejercer control sobre los contratistas durante la fase de R & D, para evitar los problemas arriba mencionados. Una tendencia actual es la de mantener emplazamientos únicos para T & E (Unique Test Site), donde usuario y contratista comparten los datos de sus ensayos. Esto permite un mejor control del contratista y sus evaluaciones, evitando así que información falsa o incompleta proporcionada por las secciones de ventas de las empresas pueda desembocar en proyectos caros que resulten defectuosos o cancelados.

Una buena gestión debe estar, sin ningún género de dudas, por encima de todas estas consideraciones, integrando y adaptando las actitudes y prerrogativas de toda la infraestructura a las nuevas necesidades: la siguiente generación de sistemas. Esto es todo un desafío, pero debe ser afrontado, de otra manera se desencadenarían turbias batallas sin precedentes entre usuarios y contratistas, sin beneficio para ninguno de los dos. Esa es la naturaleza, por ejemplo, del avión postindustrial, en el que el desarrollo de los conocimientos sobre el sistema a medida que se alcanza experiencia en el mismo es tan importante, o más, que el propio desarrollo de los sistemas.

Esto ha sido patente durante los últimos años. Consideremos, por

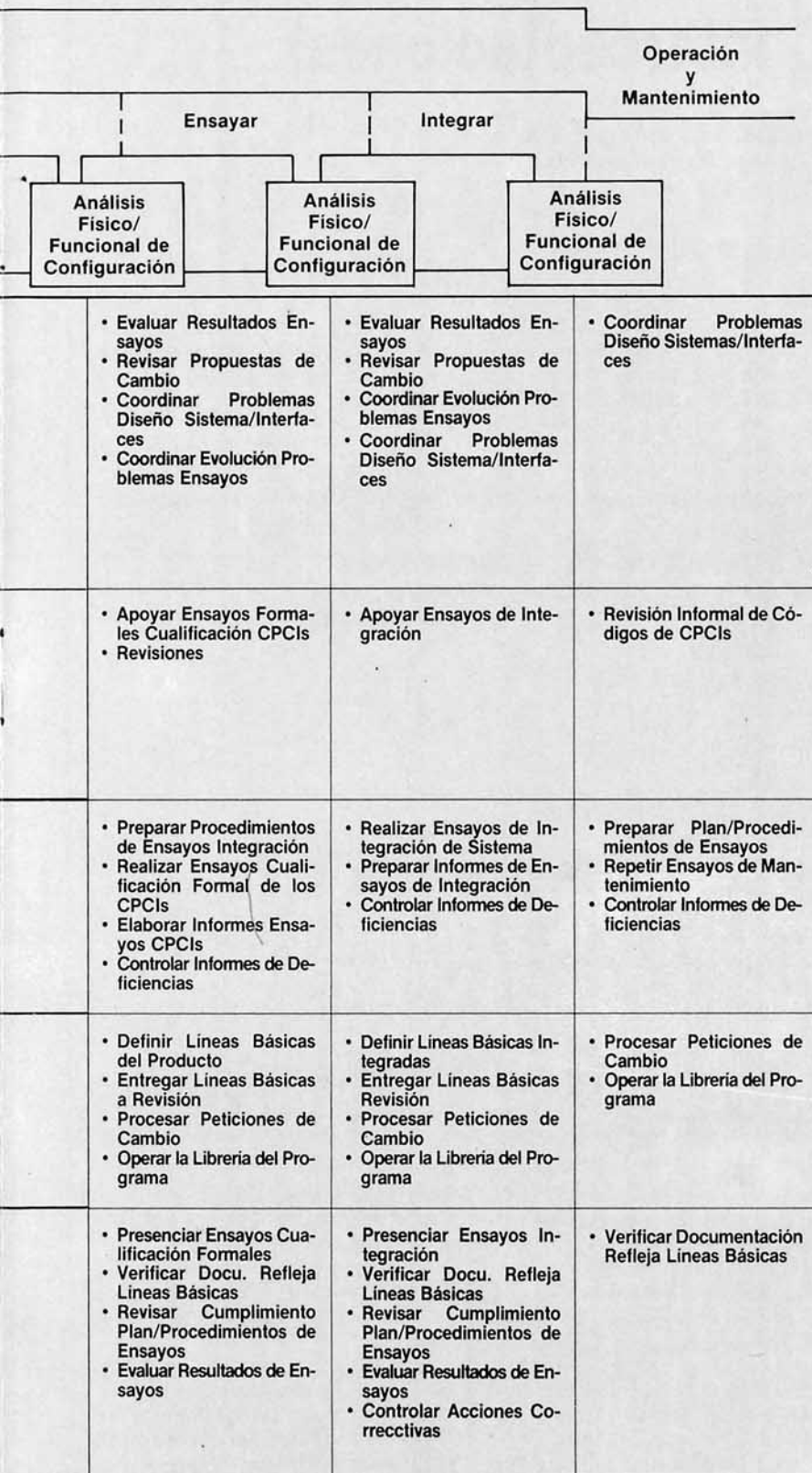
Actividades y Fases del Ciclo de Vida de Software



	Revisión de Requisitos del Sistema	Revisión de Diseño del Sistema	Revisión Preliminares de Diseño	Revisión Críticas (final) de Diseño	
Ingeniería de Sistemas	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Requisitos del Sistema Simular Performance del Sistema Preparar Diagrama Verificación a Nivel Sistema 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Diseño Sistema Definir Standards y Medidas de Calidad S/W Preparar Diagrama Verificación para cada CPCI 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión Preliminares de Diseño Definir Criterio Aceptación Ensayos Revisar Propuestas de Cambio Coordinar Problemas Diseño Sistema/Interfaces Instalar Herramientas Desarrollo/Ensayo S/W 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión Críticas de Diseño Revisar Propuestas de Cambio Coordinar Problemas Diseño Sistema/Interfaces 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Propuestas de Cambio Coordinar Problemas Diseño Sistema/ Interfaces
Desarrollo de Software	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Requisitos Documentación 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Requisitos Documentación 	<ul style="list-style-type: none"> Walkthroughs de Diseño Informales Medir Calidad de Diseño Participar en Revisión Preliminares de Diseño Planes Construcción CPCIs 	<ul style="list-style-type: none"> Walkthroughs de Diseño Informales Medir Calidad de Diseño Participar en Revisión Críticas de Diseño Elaborar Planes Ensayo 	<ul style="list-style-type: none"> Revisión Informal de Código Ralizar Ensayos Coordinar Evolución Problemas Ensayos Revisión
Organización de Ensayos Independiente	<ul style="list-style-type: none"> Preparar Ensayos Requisitos Sistema Revisar Requisitos de Documentación Prepara Plan Integración del Sistema Definir Requisitos Ensayos S/W 	<ul style="list-style-type: none"> Preparar Requisitos Ensayos CPCIs Revisar Requisitos Documentación 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Documentación de Diseño Preparar Planes de Ensayo de los CPCIs 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Documentación de Diseño Prepara Procedimientos de Ensayo de los CPCIs Preparar Base (s) de Datos de Ensayos 	<ul style="list-style-type: none"> Preparar Planes de Ensayo de Integración
Control de Configuración	<ul style="list-style-type: none"> Publicar Plan Control Configuración Definir Funciones Básicas Procesar Peticiones de Cambio 	<ul style="list-style-type: none"> Definir Líneas Básicas Asignadas Procesar Peticiones de Cambio 	<ul style="list-style-type: none"> Definir Líneas Básicas de Diseño Procesar Peticiones de Cambio 	<ul style="list-style-type: none"> Definir Líneas Básicas Detalladas Procesar Peticiones de Cambio 	<ul style="list-style-type: none"> Definir Líneas Básicas de Ensayos Entregar Líneas Básicas a Revisión Procesar Peticiones de Cambio Operar la Librería del Programa
Control de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> Publicar Plan Control de Calidad Revisar Requisitos Especificaciones de Diseño Perseguir Decisiones de Revisión de Diseño 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Requisitos Especificaciones de CPCIs Perseguir Decisiones de Revisión de Diseño 	<ul style="list-style-type: none"> Comparar Diseño contra Standards Comparar Requisitos vs Matriz Diseño Revisar Cumplimiento Plan de Ensayos Perseguir Decisiones de Revisión de Diseño 	<ul style="list-style-type: none"> Comparar Diseño contra Standards Comparar Requisitos vs Matriz Diseño Revisar Cumplimiento Plan/Procedimientos de Ensayos Perseguir Decisiones de Revisión de Diseño 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar Código versus Standards Revisar Cumplimiento Plan/Procedimientos de Ensayos

FIGURA 1

ACTIVIDADES DE VERIFICACION Y VALIDACION DE CADA ORGANIZACION



ejemplo, la relación entre R & D, T & E, Logística y Operaciones para el F-15, el F-16 y sus derivados. Han permanecido en el Centro de Ensayos de la USAF (Edwards AFTC) durante 15 años, y todavía están siendo desarrollados.

La US Navy tiene una experiencia similar con los posiblemente más complejos e integrados F-14 y F-18. Otros aviones en todo el mundo están sufriendo procesos similares. ¿Va a entregar la comunidad de desarrollo alguna vez un producto final a Logística u Operaciones? La respuesta es no, por supuesto debido a que los sistemas de hoy en día pueden evolucionar continuamente como respuesta a cambios en las amenazas y en los requisitos.

CONCLUSIONES

Aún sin haber visto nada todavía, todos sabemos ya las desventajas impuestas por los sistemas actuales. Hemos emergido a un mundo nuevo. ¿Podremos afrontarlo? Si no, otro lo hará, y ¿quién puede predecir las ventajas del ganador?

Particularmente, nuestra Defensa, debe dirigir sus esfuerzos hacia planificación técnica y económica de futuro. Tres factores que pueden ayudar a esta planificación son:

- Definir clara y exhaustivamente los requisitos operativos, procurando que ninguna de las necesidades de nuestra Defensa quede fuera de ellos, y que futuros requisitos puedan siempre ser incluidos como parte de un proceso natural de ampliación y desarrollo.

- Reclutar y usar eficientemente el personal altamente cualificado en las áreas operativas y técnicas relacionadas, que verifiquen que todos los requisitos mencionados en el párrafo anterior están correctamente satisfechos mediante los Ensayos y Evaluación adecuados.

- Participación en el Diseño y Desarrollo (R & D) de forma más intensa y eficiente, resultando en beneficios económicos y en una mayor preparación operativa y técnica del personal relacionado con los proyectos de Defensa.

Si nos queremos incluir con el resto de países avanzados debemos reaccionar a esta oportunidad que se nos presenta aceptando el reto de la siguiente generación de sistemas. ■