

INGENIERÍA ESPACIAL EN GMV

GMV viene proporcionando productos y soluciones para dinámica de vuelo y análisis de misión desde hace más de dos décadas. Esta experiencia le permite proporcionar un amplio rango de sistemas de gran robustez y calidad, además de productos y servicios a clientes en todo el mundo. Las responsabilidades y actividades realizadas dentro de sus proyectos abarcan tanto el ámbito técnico como el de gestión, dando como resultado el logro de los objetivos de robustez y calidad de los productos, así como de la implicación y satisfacción personal del equipo.

Sistemas de Análisis de Misión

La concepción de las nuevas misiones espaciales, su viabilidad, la determinación de los parámetros óptimos para maximizar el retorno científico, el estudio de nuevas trayectorias, el análisis de la colocación de satélites de telecomunicación o el diseño de constelaciones de satélites para una cobertura óptima son sólo algunas de las interesantes actividades que lleva a cabo GMV en este ámbito. GMV proporciona sistemas y herramientas de Análisis de Misión para la práctica totalidad de las misiones de la Agencia Espacial Europea y de los operadores comerciales de satélites de telecomunicación. A continuación se describen algunos ejemplos de sistemas desarrollados por GMV en este área.

USOC. Es una herramienta para resolver problemas de órbitas en el Sistema Solar. Ejemplos típicos de este tipo de órbitas son el cálculo de trayectorias de satélites planetarios, análisis y cálculo de ventanas de lanzamiento y cálculo de órbitas de transferencia interplanetarias. Esta herramienta es mantenida por la Oficina de Análisis de Misión de ESA/ESOC, aunque también es usada por otras agencias (NASA, CNES, JAXA).

INTNAV. Es una herramienta para el cálculo y optimización de trayectorias interplanetarias, diseño de la estrategia de maniobras, análisis de los errores en cada fase crítica de la misión, identificación de requisitos relacionados para maximizar la eficiencia de la misión, estimación de parámetros de misión y análisis de errores o el procesado posterior de los resultados numéricos de forma gráfica. La herramienta es mantenida y usada por la Oficina de Análisis de Misión de ESA / ESOC y ESA / ESTEC.

DISCOS (*Database and Information System Characterising Objects in Space*). Desde octubre de 1957 se han producido más de 4.350 lanzamientos, lo que ha conducido a más de 28.400 objetos artificiales detectados (mayores de 10 cm en órbita baja, y mayores de 1 m en altitud geoestacionaria) en órbita alrededor de la Tierra. Evidentemente es necesario tener un control, lo más detallado posible, de la órbita de estos objetos no deseados con el fin de evitar su colisión con otros satélites y vehículos espaciales. Es posible incluso que algunos de estos objetos reentren en la atmósfera terrestre y, dependiendo de su masa, puedan alcanzar la superficie.

El objetivo de la base de datos DISCOS es, precisamente, catalogar y caracterizar con la mayor cantidad de información posible estos objetos en el espacio: identificación, nombre, masa, dimensiones, etc. Este sistema, accesible para la comunidad científica a través de internet, es mantenido por la oficina de Análisis de Misión de ESA/ESOC desde 1990. DISCOS también contiene otro tipo de información relacionada con el espacio, tal como detalles sobre lanzadores: características de motor, combustible, fragmentación, fechas; o más de 12.000 referencias bibliográficas relacionadas con el tema.

Los datos de esta base de datos son usados por herramientas capaces de calcular las probabilidades de colisión con cualquiera de los objetos catalogados, lo cual permite planificar con anticipación las maniobras necesarias para evitarlo. Otras utilidades disponibles en DISCOS son informes de actividad solar y geomagnética diaria y mensual, así como informes de predicción, el informe *ESA Meteoroid and Space Debris Terrestrial Environment Reference*, etc.

El sistema DISCOS es usado tam



bién como fuente de información por otras bases de datos del mismo tipo, en particular por la IADC DB (*Inter-Agency Space Debris Coordination Committee Common and Re-entry Database*) que proporciona a los miembros del IADC una plataforma de intercambio de información vía web donde, en caso de que se produzca la reentrada de algún objeto de riesgo en la atmósfera, pueden

GMV proporciona herramientas de Análisis de Misión para la práctica totalidad de misiones

adquirir los datos necesarios de la órbita del objeto considerado y así calcular el lugar sobre la superficie terrestre y el momento en el que el objeto va a caer.

GMV ha sido responsable del desarrollo de DISCOS y de IADC DB desde sus inicios, así como del mantenimiento y las sucesivas mejoras realizadas. Asimismo, GMV ha dado soporte a la ESA durante las sucesivas campañas de reentrada desde 1990.

Sistemas de Dinámica de Vuelo

Los sistemas de Dinámica de Vuelo proporcionan los medios necesarios para determinar tanto la posición como la orientación de satélites y sistemas espaciales, permiti-

tiendo además planificar y ejecutar las maniobras necesarias. Son, por tanto, unos sistemas fundamentales para garantizar la consecución de los objetivos de cualquier misión, ya sean científicos, de exploración, o de otra naturaleza.

GMV es un suministrador global y el principal europeo de sistemas de Dinámica de Vuelo para satélites geoestacionarios (GEO), satélites de órbita baja (LEO), fase de lanzamiento y puesta en órbita (LEOP, *Launch and Early Orbit Phase*) así como para gestión de constelaciones de satélites (Galileo, etc.). Suministra sistemas tanto a operadores de satélites y agencias espaciales como a fabricantes, que a su vez los proporcionan con el satélite a terceros operadores. Entre los operadores de telecomunicaciones cabe destacar a Eutelsat, Intelsat, Hisdesat, Hispasat, Measat, SES New Skies, Space Communications Corporation, Telenor, Telespazio y Worldspace; entre las agencias espaciales: ESA, NASA, CNES, Eumetsat; y entre los fabricantes a EADS Astrium, Boeing Satellites Systems, Orbital Sciences Corporation, Space Systems/Loral y Thales Alenia Space.

Principales soluciones tecnológicas que aporta GMV

Herramientas de gráficos en 2D.

Genérica y robusta herramienta de representación gráfica 2D que soporta gráficos de parámetros frente al tiempo, parámetros frente a parámetros, representaciones cartesianas, polares, residuos, comparaciones, etc. Acepta diferentes formatos de datos y es posible incorporar diferentes máscaras a definir por el cliente.

Visualizador de eventos

Utilidad para representar eventos de Dinámica de Vuelo (eclipses, cegado de sensores, interfe-

rencias, etc.) mediante el uso de diagramas de Gantt.

Servidor de mensajes

Utilidad para la recepción, archivo, gestión y distribución de mensajes de información, aviso y error entre las distintas aplicaciones de Dinámica de Vuelo. Está compuesto de un servidor y de un cliente. Los eventos son almacenados en una base de datos relacional que puede ser de diferentes tipos.

Fácil integración de nuevos módulos

Proporciona una poderosa herramienta de acceso a las capas de gestión de datos y procesos. Esto permite una sencilla incorporación de nuevas herramientas a la infraestructura.

Automatización de pruebas de regresión

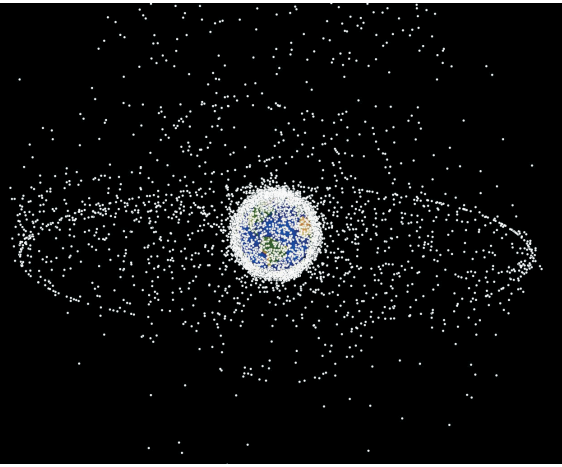
Utilidad para la automatización de pruebas de regresión. Permite definir una enorme cantidad de pruebas que permiten fácilmente detectar errores en los módulos de cálculo mediante la comparación de resultados entre dos versiones del *software*.

Predicción del riesgo de colisión

GMV desarrolla herramientas operacionales usadas para la predicción del riesgo de colisión con terceros cuerpos y la anticipación y gestión de dicho riesgo, en caso de que sea elevado, mediante el cálculo de una maniobra de evasión.

Monitorización de telemetría

La monitorización de la telemetría que proviene del satélite es cada día de mayor importancia dentro de las operaciones de Dinámica de Vuelo. Esta herramienta proporciona estos servicios casi en tiempo real, mediante una potente interfaz que permite una gran variedad de for- ➔



→ Gráfico que muestra los objetos en órbita terrestre catalogados actualmente. Aproximadamente el 95% son basura espacial, es decir, no son satélites activos. NASA

mas de representación de los parámetros recuperados, así como la definición y cálculo de otros nuevos derivados de los parámetros de telemetría real.

Automatización de operaciones

Dentro de las tareas de control de satélites se enmarcan muchas de carácter rutinario y/o procedimental. Son tareas a realizar periódicamente que no requieren especial intervención del usuario o tareas que sí la

Visualizador 2D/3D de las flotas de satélites y su cobertura de estaciones

Se trata de una poderosa herramienta de visualización especialmente diseñada para proporcionar vistas interactivas tanto de satélites individuales como de un conjunto de ellos, de órbitas terrestres como interplanetarias, y su evolución futura. También proporciona la posibilidad de analizar la cobertura de estaciones de Tierra así como eventos (eclipses, sensores, etc).

Actividades técnicas

Las distintas fases en el desarrollo de proyectos realizados por GMV requieren la necesidad de un profundo conocimiento de un abanico de disciplinas técnicas y científicas (física, matemáticas, ingeniería del *software*, diseño de sistemas *hardware*) para el cumplimiento de los requisitos definidos por el cliente. Por ello podemos hablar de productos técnicamente fiables y precisos, razón por la que GMV se ha convertido en referente de sistemas de Dinámica de Vuelo y

por ejemplo, el sistema de Dinámica de Vuelo desarrollado por GMV para el ATV (*Automated Transfer Vehicle*).

- Adaptación de productos propios a las necesidades de cada cliente en particular (la adaptación puede venir dada bien por la mejora en las prestaciones y eficiencia del sistema para optimizar la eficiencia y vida del satélite, bien por la integración de nuevos satélites para su control desde Tierra).

En ambos casos el proceso de desarrollo implica un diseño del producto y de sus funcionalidades partiendo de un prototipo, de acuerdo a los requisitos del cliente y con las especificaciones del fabricante. Aquí, de nuevo es importante el conocimiento técnico y la capacidad de análisis para su implementación de forma precisa, y para la obtención de resultados óptimos.

Mantenimiento y soporte

La labor de mantenimiento durante el ciclo de vida del producto surge como repuesta a la solución de posibles problemas, que habitualmente llevan asociados resultados no esperados dados por el *software*. Estos problemas en la mayoría de los casos son debidos a situaciones límite, a veces difíciles de identificar.

Aquí son imprescindibles no sólo los conocimientos técnicos sino también, y en mayor medida, una gran capacidad de análisis y de respuesta que nos lleven a dar soluciones adecuadas y rápidas, necesarias en todo *software* operacional. GMV ha proporcionado mantenimiento y soporte a una gran variedad de clientes, entre los que merece destacar a la ESA, Hispasat y Eutelsat.

Es necesario conocer la órbita de objetos no deseados para evitar colisiones

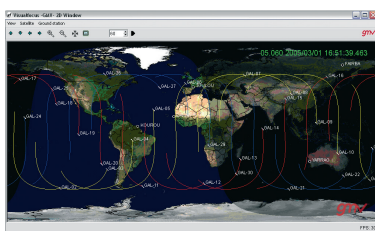
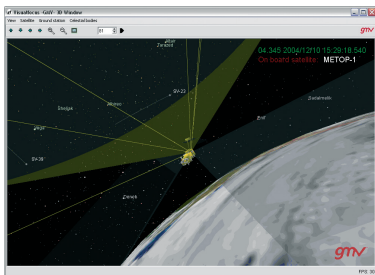
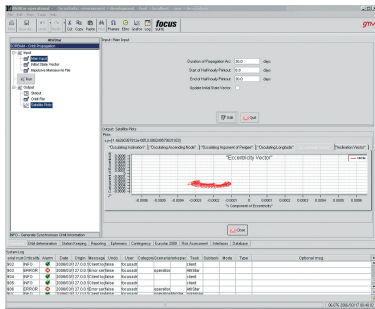
requieren, pero que por seguridad han de ejecutarse siguiendo un procedimiento con un orden y cronología determinada (asociada a una fecha predefinida o incluso a eventos orbitales). La herramienta de automatización de operaciones da soporte a todo este marco de tareas, ya que permite la creación de procedimientos para la ejecución de una o múltiples tareas de forma programada y periódica.

Análisis de Misión en el sector aeroespacial a nivel mundial.

Desarrollo

Es en el desarrollo de funcionalidades y herramientas donde se aplican especialmente los conocimientos técnicos y científicos. En este sentido, existen principalmente dos tipos de desarrollo:

- Desarrollo de nuevos sistemas adaptados a las necesidades específicas del cliente, como,



→ Soluciones tecnológicas de Dinámica de Vuelo de GMV: ventana principal y vistas en 3D y en 2D. GMV

GMV no solo proporciona mantenimiento de los sistemas desarrollados sino que, además, proporciona soporte en cliente a los diferentes operadores durante el lanzamiento de satélites (EUTELSAT, HISPASAT) o bien durante otro tipo de operaciones (por ejemplo, con ESA/ESOC durante las diferentes campañas de reentrada de basura espacial).

Actividades de gestión

Las actividades de gestión van principalmente orientadas en tres direcciones fundamentales: gestión del proyecto y equipos, aseguramiento de la calidad del producto y relación directa con el cliente.

Controlar la telemetría que proviene del satélite es cada día más importante

Elaboración de ofertas y documentos técnicos

La elaboración de ofertas es la respuesta a las necesidades del cliente, tanto las destinadas a nuevos clientes como las realizadas para la implantación de mejoras o actualizaciones con el producto ya consolidado (nuevos módulos, optimización de procesos, integración de nuevas plataformas...).

Aunque incluida en esta sección, la elaboración de ofertas no sólo tiene una componente técnica –lo que lleva implícito un amplio conocimiento previo del producto y la capacidad de dar soluciones concretas, fiables y óptimas– sino también de gestión. Esta actividad gestora lleva asociados una serie de estudios, como son la selección del personal adecuado, el alcance de objetivos en el tiempo estipulado y el estudio económico y de esfuerzo.

Gestión de proyecto y equipos

Tras el arranque del proyecto, para la consecución de los objetivos marcados en el plazo y coste previstos en el contrato es imprescindible la labor del gestor. Para ello, se lleva a cabo una exhaustiva monitorización y control del plan con el fin de evitar desviaciones y, en caso de que se produzcan, aplicar las acciones correctivas convenientes. Este seguimiento incluye, entre otras, las siguientes actividades: reuniones internas, métricas de control, revisiones externas, control de riesgos y mantenimiento de los documentos contractuales y de requisitos.

Aseguramiento de la calidad

La aplicación de un sistema de gestión de la calidad redundante en la generación de un producto fiable.

En este punto el gestor del proyecto colabora de forma estrecha con el Departamento de Calidad, siendo asesorado por este e implantando las normas y procedimientos estándares para el aseguramiento de la calidad, como son la gestión de configuración del *software* en todo su ciclo de vida (análisis de requisitos, diseño, fabricación, pruebas y entrega). De esta manera, participa en todas las revisiones, tanto internas (de la organización) como externas (con capacidad de certificación) y aplica las medidas correctoras necesarias para incrementar la capacidad del proceso *software* y alcanzar su madurez.

Relación directa con el Cliente

El ámbito en el que está enmarcado este tipo de proyectos supone una constante relación a nivel internacional con los distintos fabricantes, clientes y clientes potenciales. No sólo es imprescindible la participación en las diferentes reuniones como consecuencia del seguimiento de la evolución del proyecto, sino también la asistencia a los diferentes congresos y simposios. Estos se celebran con el objetivo de presentar nuevos productos, así como para la puesta en común de conocimientos y avances el campo aeroespacial, siendo por tanto de gran importancia la presencia en este tipo de eventos de los responsables de cada área. ■

Miguel Ángel Molina, ingeniero aeronáutico, es Director del Departamento de Sistemas de Control en Tierra de GMV, Aerospace and Defense, S.A. Cristina Pérez, Fernando Pérez y Carlos González son físicos y jefes de proyecto en la Unidad de Ingeniería de Vuelo de esta misma empresa.