

SIMBAD : Sistema Innovador de coMunicaciones Bidireccionales por sAtélite para vehículos con movilidaD

Antonio Arana Castro (aarana@hispasat.es, telf.: 91 710 25 45)

Inés Sanz Rodríguez (isanz@hispasat.es)

Beatriz Quijano (beatriz.quijano@acorde.com)

Ponencia

Abstract — El proyecto SIMBAD es un proyecto de investigación que estudia y desarrolla un sistema de comunicaciones vía satélite desde vehículos en movimiento, planteando un caso concreto de comunicaciones entre un vehículo ligero en tierra en movimiento y un helicóptero en el medio aéreo. En este artículo se presenta, tras una panorámica de la situación actual de las tecnologías de comunicaciones desde vehículos en movilidad, un resumen de los principales hitos tecnológicos y desarrollos en marcha en el proyecto.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto SIMBAD (Sistema Innovador de coMunicaciones Bidireccionales por sAtélite para vehículos con movilidaD), es un proyecto parcialmente financiado por el M^o de Industria dentro del programa PROFIT 2007-2008, en el subprograma nacional de tecnologías de comunicaciones (tecnologías para la movilidad). Está desarrollado por un consorcio de empresas y organismos públicos de investigación de diferentes áreas temáticas y zonas geográficas. Los participantes son: Hispasat como coordinador, Acorde, DAS, Helisureste CMA, Universidad de Cantabria y Universidad Carlos III de Madrid.

El campo de investigación sobre comunicaciones que afectan a vehículos móviles sigue siendo muy amplio y está lejos de cerrarse. Todavía hoy se siguen practicando numerosas pruebas para poder llevar servicios de banda ancha a los pasajeros de trenes o aviones comerciales, y parece que algunas soluciones, sobre todo en el entorno aeronáutico, se encuentran lejos de su mejor resultado.

En el Proyecto SIMBAD se desarrolla un sistema de comunicaciones vía satélite que permita establecer comunicaciones de banda ancha desde vehículos ligeros en movilidad (automóviles, todoterrenos, etc.) Se estudia un caso concreto de aplicación que implica la conectividad directa entre un helicóptero en movimiento en el medio aéreo y un vehículo ligero desplazándose en tierra, el cual establece la conexión con las redes terrestres mediante un enlace vía satélite. Las aplicaciones y servicios que se desprenden de este caso son diversas y muy útiles, como pueden ser aplicaciones de protección civil para detección de incendios, control de tráfico en carreteras mediante transmisión de imágenes, servicios de emergencia, control de fronteras, comunicaciones especiales para los cuerpos y fuerzas de seguridad del estado, aplicaciones en vehículos militares, etc.

II. ESTADO DEL ARTE

Las investigaciones para conseguir comunicaciones de datos desde vehículos en movilidad no son nuevas y se llevan realizando desde hace tiempo. Así existen ya diversas aplicaciones como la desarrollada por la empresa americana TriPoint Global Communications para vehículos militares, o como la anunciada por la empresa alemana ND-SatComM sobre un vehículo robotizado, no tripulado y con comunicaciones por satélite, concebido para misiones de vigilancia y reconocimiento. Todas estas aplicaciones existentes presentan un inconveniente: están diseñadas para trabajar en UHF o VHF, frecuencias bajas que no permiten ofrecer servicios de banda ancha, y sólo utilizables en Europa por muy pocos satélites destinados a fines militares. Estas soluciones, generalmente denominadas "SATCOM ON THE MOVE", están siendo objeto de muchas investigaciones para trasladarlas al entorno civil, mediante el desarrollo de nuevas tecnologías más ligeras y de menor coste.

Se han investigado también formas de proporcionar servicios de telecomunicaciones a los pasajeros de vuelos comerciales o trenes de alta velocidad. Muchas de ellas no han podido conseguir enlaces ascendentes de más de 250 kbps; otras más ambiciosas han fracasado por principalmente por problemas en el modelo de negocio, como la desarrollada por Boeing, llamada "Connexion by Boeing", basada en una antena activa desarrollada por Mitsubishi a partir de un prototipo de la NASA. En España, Iberia planificó un servicio de e-mail a bordo, a través de Inmarsat a 64 kbps, también insuficiente para otros servicios de banda ancha y con unos elevados costes. En este ámbito, las investigaciones llevadas a cabo por el proyecto i-Avión, desarrolladas por algunos miembros del mismo consorcio que SIMBAD, demostraron que la solución de ofrecer

banda ancha en el pasaje de un avión por medio de la banda Ku tiene que solventar un gran número de problemas tanto de eficiencia y rendimiento como de regulación y certificación.

Más cerca de conseguirse los objetivos deseados se encuentra la situación en los trenes de alta velocidad, donde la empresa inglesa 21.Net está realizando pruebas en fase precomercial, en las que Hispasat proporciona la red de comunicaciones vía satélite, en los trenes de Talhys en trayectos de alta velocidad entre París y Bruselas. Las mayores dificultades se han encontrado en las condiciones de aislamiento electromagnético y aerodinámicas de los trenes, pero las pruebas que se siguen desarrollando cada vez son más exitosas. También en España se desarrolló con éxito una tecnología similar a la planteada en i-Aviación en los trayectos de alta velocidad entre Madrid y Sevilla y Madrid y Lleida, quedando a la espera ya de probarse de manera comercial.

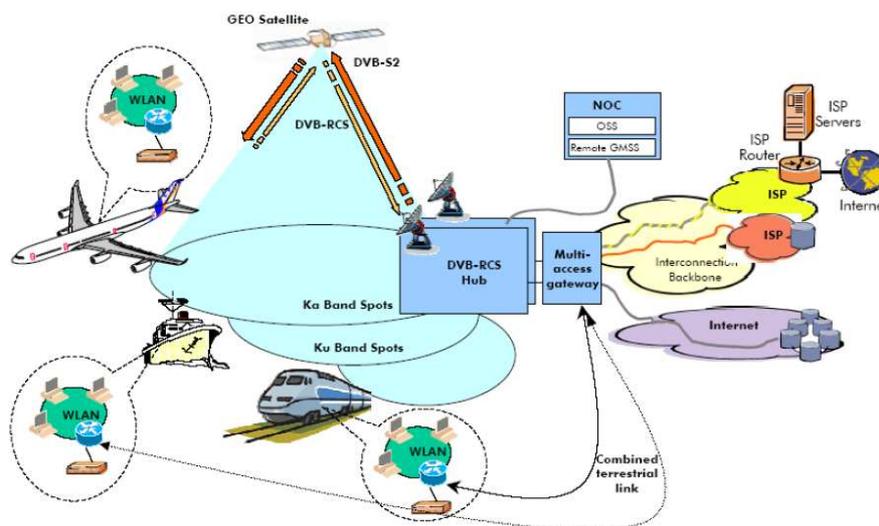


Fig. 1. Sistemas en estudio en el DVB para entornos en movilidad.

De manera más general, en la siguiente figura se contempla el escenario de los estudios recientes en el seno de diferentes organizaciones de normalización, como el ETSI o el DVB, donde se puede contemplar el empleo de las tecnologías DVB-S2 y DVB-RCS, tecnologías de vanguardia en las comunicaciones por satélite.

III. LA SOLUCIÓN DE SIMBAD

El proyecto SIMBAD se planteó con el objetivo claro de diseñar, desarrollar y demostrar un sistema de comunicaciones que hiciesen posible la transmisión de datos desde vehículos ligeros móviles en tierra, estando éstos en movimiento, en cualquier punto dentro de la cobertura satélite, aportando como elementos innovadores el estudio de sistemas que permitan conectividad IP de banda ancha con tecnologías de compartición MF-TDMA, y el desarrollo de una antena ligera con un novedoso sistema de apuntamiento. El escenario concreto que se decidió estudiar fue de las comunicaciones entre un vehículo y un helicóptero, sistema del que se desprenden soluciones y aplicaciones eficaces en entornos como control de tráfico o protección civil, en donde actualmente solo es posible transmitir vía satélite desde un vehículo estacionado, imponiéndose así grandes limitaciones operacionales.

La transmisión y recepción desde el vehículo terrestre en movimiento se realiza a través de una antena parabólica móvil situada en el vehículo, que dispone de un sistema de apuntamiento automático que permite un seguimiento constante al satélite elegido, independientemente de los movimientos del vehículo y las características del terreno. Esto ha obligado a realizar un diseño de plataformas estabilizadoras especiales por su ligereza y robustez, así como sistemas de apuntamiento muy rápidos y capaces de mover la antena en tres ejes. En el diseño del sistema se han considerado diferentes perfiles de trayecto para el vehículo en movimiento desde el perfil mas suave con perdidas por apuntamiento del entorno de 1 dB hasta el perfil mas abrupto y extremo donde se presentan perdidas de mas de 10 dB.

La otra vía de investigación del proyecto está centrada en el análisis de soluciones para la conexión entre el vehículo móvil en tierra y un centro nodal de comunicaciones o Hub. Es necesario un enlace que permita comunicaciones radio de alta fiabilidad y con capacidad para transmitir datos a alta velocidad o imágenes de calidad en tiempo real, incluyendo imágenes de alta definición. Dentro de las posibles tecnologías se ha estudiado la posible aplicación de los nuevos sistemas desarrollados en el DVB y adaptados para entornos de movilidad (DVB-S2, DVB-SH y DVB-RCS). Asimismo el proyecto aborda el análisis de soluciones para la interconexión entre el helicóptero y el vehículo en movimiento, siendo varias las

alternativas consideradas tales como el DVB-T, DVB-H así como Wimax, que disponen de una modulación eficiente para banda ancha como es OFDM.

IV. DESARROLLO DE SIMBAD

El proyecto Simbad, con una duración estimada de dos años fue iniciado el pasado Marzo de 2007 habiéndose realizado



Fig.2 Escenario del proyecto SIMBAD.

durante el primer año las fases de especificación y diseño del sistema. Desde principios del presente 2008 se han iniciado las tareas de implementación de los componentes del prototipo y en paralelo los preparativos para la fase de integración y pruebas. A continuación se presenta una visión general de la perspectiva y alcance proyecto.

A. El sistema satélite

El diseño del sistema satélite de SIMBAD ha tenido como objetivo permitir la máxima flexibilidad de operación, permitiendo su compatibilidad con la mayor parte de las redes de comunicaciones vía satélite.

Se ha desarrollado una antena elíptica de bajo perfil con reducido ancho de haz y bocina corrugada. Actualmente se están iniciando los trámites para la solicitud de patente del desarrollo, por lo que no es posible aportar detalles sobre su configuración ni prestaciones hasta que este proceso se encuentre finalizado.

Asimismo se ha realizado un diseño compatible tanto con la operación con satélites transparentes, en redes de topología en estrella, en la que un Hub o nodo central gestiona todas las comunicaciones entre el satélite y los terminales; así como con satélites regenerativos. En este caso se ha realizado un diseño basado en el sistema Amerhis embarcado en el satélite Amazonas, con capacidad de procesado a bordo. En ambos sistemas se han considerado sistemas que permiten optimizar el uso de la capacidad espacial mediante la compartición de recursos y multiplexación del tipo MF-TDMA. Este tipo de operación conlleva unos requisitos de sincronismo de la red muy especiales que son difíciles de cumplir para un terminal de la red en movimiento. Por ello a lo largo del proyecto ha sido necesario realizar ciertas modificaciones en el hub para el correcto funcionamiento desde el terminal móvil. Los principales problemas de sincronismo son debidos al efecto Doppler, que aparece al estar el vehículo que recibe y transmite la señal en movimiento, creando un efecto por el cual la frecuencia que recibe se ve desplazada una determinada frecuencia llamada frecuencia Doppler, y que está inducida por una variación temporal del retardo del trayecto. Debido a este desplazamiento en frecuencia es necesario en el hub aumentar la ventana de adquisición de frecuencia a la entrada del subsistema de retorno para compensar este efecto Doppler. Por el mismo motivo también es necesario realizar modificaciones y ajustes especiales en los equipos de banda base, especialmente en los demoduladores, para optimizar las condiciones al entorno de movilidad.

En el diseño del sistema de comunicaciones se han considerado numerosas tecnologías tanto abiertas (DVB-S y DVB-S2), como tecnologías propietarias con turbocódigos como COMTECH TPC. Se han obtenido conclusiones satisfactorias de los balances de enlaces realizados, que han demostrado que en escenarios desfavorables, con 2'5° de desapuntamiento, se puede llegar a conseguir una velocidad de mas de 80Mbps en el enlace Forward (Hub-> vehículo), y en el enlace retorno (vehículo->Hub) se puede llegar a mantener siempre el enlace con velocidades desde 200 Kb/s hasta 4,5 Mb/s. Los estudios demuestran que el empleo de la codificación y modulación adaptativa (ACM) del estándar DVB-S2/DVB-RCS permite mantener enlaces con muy altas velocidades y unas disponibilidades superiores al 99'8%.

Escenario	Angulo de desapuntamiento Medido en Grados	Medido en dB en Recepción	Medido en dB en Transmisión
Perfil suave	1,0	1,0	1,0
Perfil medio	1,5	2,0	3,2
Perfil abrupto	2,0	5,0	6,5
Perfil extremo	2,5	8,0	13,0

Tabla 1 Perfiles de terreno considerados.

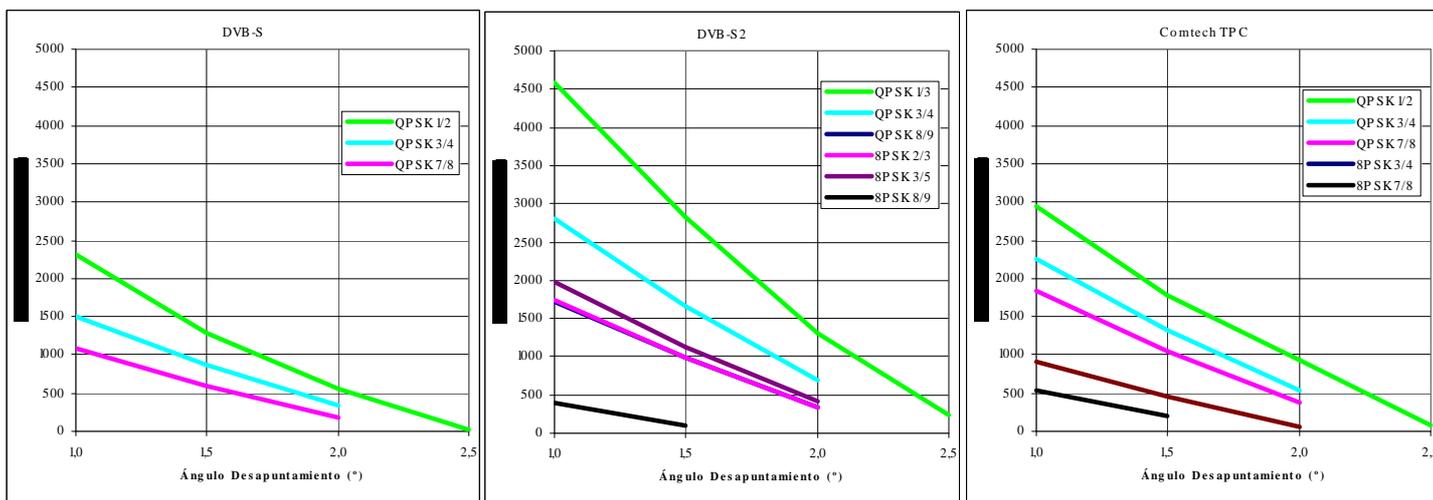


Fig.3 Velocidades del Canal de Retorno.

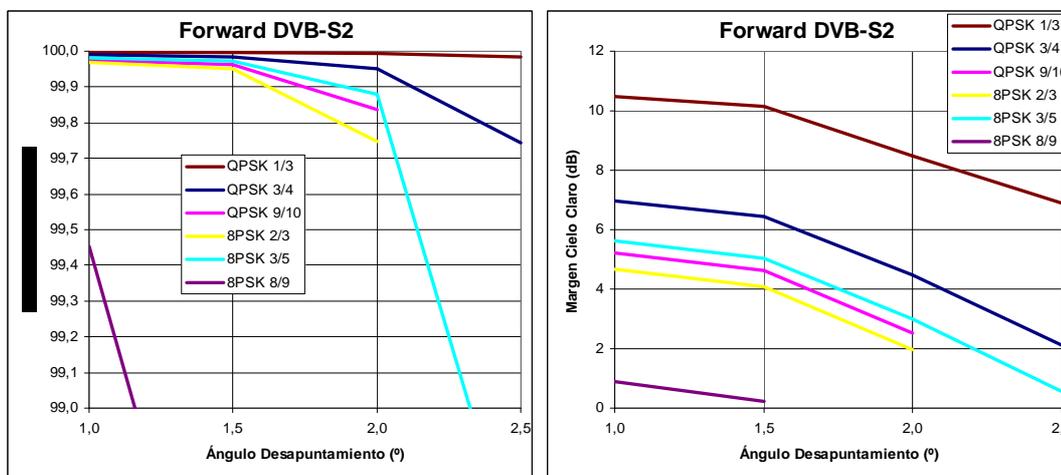


Fig.4 Disponibilidad y Margen en c.c. en el Canal Forward.

Modulación LDPC/FEC	Velocidad de Información (Kbps)
QPSK 1/3	19692
QPSK 3/4	44624
QPSK 9/10	52994
8PSK 2/3	59419
8PSK 3/5	53400
8PSK 8/9	79380

Tabla 2 Velocidades de Información Canal Forward empleando DVB-S2

B. Mecánica y apuntamiento

En este sistema se intenta dotar de la plataforma mecánica que hay que anclar al vehículo para proporcionar apuntamiento automático al satélite. El sistema toma los datos a través de un sensor inercial; el control del sistema de apuntamiento se realiza por medio de encoders incrementales en los motores y encoders absolutos en los ejes de salida de cada movimiento (polarización, elevación y azimut); y como método de transmisión de los 3 movimientos desde los motores a los ejes de salida se emplea transmisión por correa y poleas dentadas. La generación de los 3 movimientos del sistema se lleva a cabo por medio de motores eléctricos sin escobillas (Brushless).

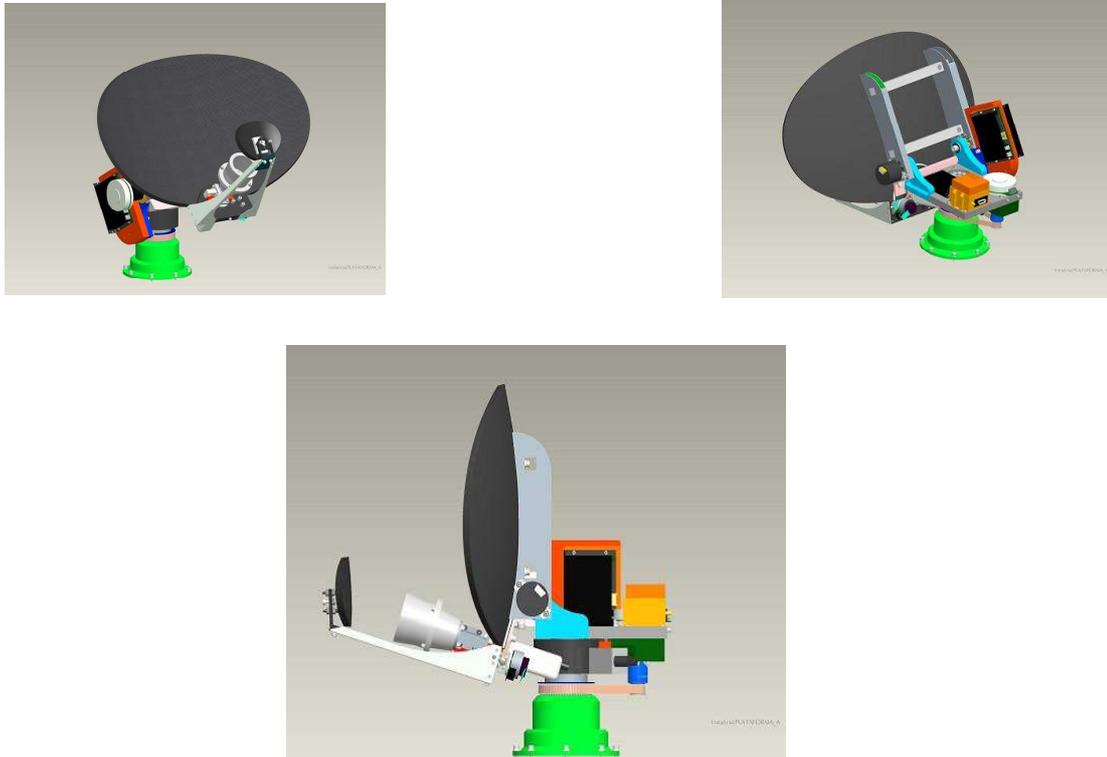


Fig.5 Vistas 3D Sistema Satélite.

C. Comunicaciones vehículo-helicóptero

El estudio de las comunicaciones entre el vehículo en tierra y el helicóptero es una de las partes críticas del proyecto, porque se ha de elegir una tecnología que consiga buenas prestaciones de calidad y alcance máximo del enlace. Como paso previo, se ha de tener en cuenta que la información a enviar podrían ser imágenes de alta calidad y vídeo, según los escenarios de servicios propuestos. Esto implica que se tienen que utilizar estándares complejos de compresión como son JPEG y MPEG-2/4. Además, se ha de considerar para las tecnologías elegidas la disponibilidad de bandas de frecuencias, las características de propagación en dichas bandas y su impacto en la potencia de transmisión, y la capacidad de funcionar en entornos multitrayecto y con movilidad.

Los estudios realizados han llevado a la conclusión de que se ha de utilizar una tecnología que emplee modulación OFDM, que es la que mejor permite realizar comunicaciones de banda ancha en el entorno propuesto. Entre las tecnologías posibles, se ha elegido el empleo de Wimax por disponer de bandas de frecuencias libres para las que no hacen falta licencia. Los estudios de canal muestran que en las frecuencias más bajas de Wimax se puede conseguir un alcance de hasta 10 kilómetros con un rango de potencia entre 1 y 2 Watios. También se ha considerado emplear la versión móvil del estándar de Wimax para tratar de mitigar los problemas derivados del efecto Doppler.

Se han realizado pruebas empleando WIMAX en la banda de 5 Ghz en Mutxamel (Alicante). La prueba realizada ha consistido en montar un radioenlace punto a punto con la siguiente topología, Estación base en el helicóptero y cliente en el vehículo, probando la robustez, cobertura y velocidad de transferencia con ambos vehículos parados y en movimiento. En una primera parte de las pruebas el vehículo de tierra se encontraba parado, y el helicóptero en movimiento, alejándose hasta una distancia de aproximadamente 17 Km a una altura de unos 1000m, para después volver al lugar de salida. A partir de ese momento tanto el coche como el helicóptero estaban en movimiento. Las conclusiones obtenidas de estas pruebas son, en primer lugar, que se observa que, tal y como indican los cálculos aproximados teóricos, no se consigue comunicación para distancias entre el vehículo y el helicóptero superiores a 1000m. Esto podría solucionarse aumentando la potencia transmitida y/o ganancia de las antenas.

Sin embargo, también se observa que aún cuando se establece comunicación, el porcentaje de paquetes perdidos es muy elevado. Los mejores resultados se obtienen cuando el vehículo de tierra está parado, y empeoran sensiblemente cuando tanto el vehículo como el helicóptero se encuentran en movimiento.

Pensamos que esto se puede deber a que la tecnología WiMAX en el mercado actualmente está orientada a comunicaciones estáticas, con lo que habrá que pensar en los algoritmos y modificaciones pertinentes para conseguir que el sistema funcione correctamente en condiciones dinámicas.

V. Conclusión

El proyecto SIMBAD investiga y desarrolla una solución innovadora que pretende satisfacer una necesidad real en las comunicaciones desde vehículos en entornos de movilidad. El proyecto trata de proporcionar una solución fiable y de calidad para dotar de servicios de comunicaciones de banda ancha a vehículos ligeros en movimiento sobre diferentes tipos de superficies en tierra, estando previsto una prueba de aplicación de comunicaciones entre el vehículo en tierra y un helicóptero. Las aplicaciones y servicios que se desprenden de este caso son diversas y de gran utilidad, para campos muy diversos tales como aplicaciones de protección civil, detección de incendios, control de tráfico, situaciones de emergencia, control de fronteras, comunicaciones especiales para los cuerpos y fuerzas de seguridad del estado, etc.

Tras concluir con éxito las fases de especificaciones y diseño del sistema, el proyecto aborda en la actualidad las fases de implementación de componentes del prototipo, estando previsto finalizar a lo largo del presente 2008 los trabajos de integración y pruebas.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es fruto del trabajo realizado por el consorcio SIMBAD formado por HISPASAT, ACORDE, INAER, DAS, UC3M y UC durante el proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Consorcio SIMBAD, "Sistema Innovador de coMunicaciones Bidireccionales por sAtélite para vehículos con MovilidaD"
- [2] Consorcio i-Avión, "Comunicaciones avanzadas por satélite en vuelo"
- [3] UIT, "Recomendación UIT-R S.580-6: Diagramas de radiación que han de utilizarse como objetivos de diseño de las antenas para las estaciones terrenas que funcionan con satélites geoestacionarios."
- [4] CTETH 602, "Recomendaciones de las características técnicas de las estaciones terrenas de Hispasat, estaciones terrenas normalizadas tipo MD para servicios no estructurados digitales"