



III Congreso Nacional de **i+d** en **Defensa y Seguridad**

Editores:

Rafael Asorey Cacheda

Rosa Devesa Rey

M. Mercedes Solla Carracelas

José M. Pousada Carballo

UniversidadeVigo



Cátedra
Isdefe



DESEi+d 2015

III Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad

Actas

Celebrado en:
Centro Universitario de la Defensa de Marín
Escuela Naval Militar
19 y 20 de noviembre de 2015



Universidad de Vigo



Cátedra
Isdefe



Para citar la obra, por favor utilice la siguiente referencia:

Asorey-Cacheda, R. et al., Actas: III Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad, DESEi+d 2015. Ed. Centro Universitario de la Defensa de Marín, 2015.

Los contenidos son fieles a los originales presentados como artículos definitivos por sus autores.

No se admite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, reprográfico, gramofónico u otro, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

© Rafael Asorey Cacheda, Rosa Devesa Rey, M. Mercedes Solla Carracelas, José M. Pousada Carballo

© De la presente edición, Centro Universitario de la Defensa de Marín, 1ª edición, 2015

Edita: Centro Universitario de la Defensa de Marín
Escuela Naval Militar, Plaza de España s/n, 36900 Marín

ISBN: 978-84-944537-0-0

Prólogo

La aprobación por parte del Gobierno de España de la Ley de la Carrera Militar en el año 2007 generó cambios en el ámbito de la FFAASS dentro de los cuales tiene una especial relevancia la adaptación de la enseñanza militar a lo que en el entorno universitario se ha denominado Reforma de Bolonia. Como consecuencia de ello, dentro de cada una de las Academias Militares (AGM, ENM y AGA), junto con la de la Guardia Civil y la Academia Central de la Defensa existe un Centro Universitario adscrito a una universidad pública que imparte un título de grado como parte de la formación que reciben los futuros oficiales.

Esta reforma de la enseñanza militar trae consigo un valor añadido que, aunque no era un objetivo buscado inicialmente en la propia reforma de la carrera militar, sí resulta de gran interés para la Defensa en particular y para España en general. Esta mejora no es otra más que la capacidad investigadora del personal docente de los centros universitarios de la defensa (CUD). Desde el año 2010, el Ministerio de Defensa cuenta con nuevos centros de investigación para cada uno de sus ejércitos que no pretenden competir pero sí servir de complemento a los recursos ya existentes dentro de la estructura del propio ministerio.

Dejando a un lado el apoyo del profesorado de universidades adscritas, como es el caso de la Universidad de Vigo en el CUD de la ENM y de la Universidad de Alcalá en el CUD de la ACD, a día de hoy el profesorado contratado a tiempo completo por los CUD supera los 160 profesores, mayoritariamente acreditados como Contratado Doctor o superior. Esto significa que el potencial investigador del Ministerio de Defensa se ha incrementado en más de 160 personas, un número para nada pequeño.

Sería un error que el Ministerio de Defensa no aprovechara estas nuevas capacidades puesto que, entre las prioridades tecnológicas actuales, se contempla el desarrollo de nuevas tecnologías e innovaciones que refuercen la seguridad y las capacidades de defensa a nivel nacional e internacional. Para ello, este congreso del que celebramos la tercera edición debe servir de elemento de cohesión, no ya entre los investigadores de los diferentes CUD, sino también entre todos los organismos de investigación de la Defensa y la Seguridad y de las FFAASS en general.

Personalmente, pienso que vamos en el buen camino. Al menos es lo que indican los números: en la primera edición de 2013 en Madrid se presentaron 67 ponencias y en la segunda edición en Zaragoza el número de comunicaciones aceptadas se elevó a 75. Para esta tercera edición, cuando en un principio todos pensábamos que la singularidad de celebrarse en Marín, lo que de alguna manera dificulta el desplazamiento, haría disminuir el interés de la asistencia, ha ocurrido todo lo contrario: tenemos 140 ponencias. De ellas, 71 proceden de los CUD, siendo únicamente 30 del CUD organizador, 16 se corresponden con otros organismos del entorno de las FFAASS (reseñar que hay una de los Mossos d'Esquadra), 11 pertenecen a empresas del entorno de la defensa y 42 de universidades públicas, de las que únicamente 13 son de la Universidad de Vigo.

Hay que destacar también lo abierto de la temática del congreso. Que los CUD impartan 2 grados en Organización Industrial, uno en Ingeniería Mecánica, otro en Ingeniería de la Seguridad y un quinto grado en Medicina, conforman un amplio abanico de temáticas de investigación que creemos enriquecerán este tipo de congresos. Cabe esperar que en próximas ediciones sea necesario ampliar su duración y estructurar más las áreas de interés.

En el terreno de los agradecimientos me gustaría empezar destacando a Mercedes Solla, Rafael Asorey y Rosa Devesa sin cuyo trabajo y dedicación el congreso no habría podido desarrollarse.

A todos los miembros de los Comités Organizador y Científico.

Al Vicealmirante D. Jesús Manrique Braojos, Subdirector General de Planificación Tecnología e Innovación, y a ISDEFE, particularizado en el Presidente de su Cátedra ISDEFE D. Vicente Ortega.

Al IEEE y todas las empresas que participan en las conferencias plenarias.

Quiero terminar agradeciendo el apoyo recibido del Rector de la Universidad de Vigo, D. Salustiano Mato, del Director General de Armamento y Materia, TG D. Juan García Montaña, del Subdirector de Enseñanza del Ministerio de Defensa, Vicealmirante D. Andrés Breijo Claur, del Comandante Director de la Escuela Naval Militar, el CN D. José María Núñez Torrente, y de todos los que de alguna manera han contribuido a la realización de este congreso.

Está previsto que la próxima edición del congreso, que será la cuarta, sea en el Centro Universitario de la Defensa de la Academia General del Aire. Deseamos firmemente el mejor de los éxitos a nuestros compañeros de San Javier.

José María Pousada

*Director del Centro Universitario de la Defensa - ENM
Presidente de Comité Organizador del Congreso DESEi+d 2015*

Presentación

En el ámbito de la Defensa y la Seguridad se celebran al cabo del año jornadas, seminarios, reuniones, exposiciones y conferencias, que abordan temas de índole político, estratégico, organizativo y expositivo sobre las Fuerzas Armadas, y Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado. La experiencia de los últimos 30 años demuestra que en el área de la Defensa y la Seguridad se han llevado a cabo muchas innovaciones tecnológicas en cooperación entre los distintos agentes involucrados en tareas de I+D+i (Investigación, Desarrollo e innovación).

Sin embargo, hasta ahora no existía ninguna reunión periódica en la que los grupos de I+D de universidades, OPI (Organismos Públicos de Investigación), empresas y laboratorios de los propios ejércitos o de las policías pudiesen exponer los trabajos de índole científico-técnico llevados a cabo dentro de los Planes Nacionales de I+D+i, el Programa Marco de la Unión Europea de I+D, los programas y proyectos de I+T de la Agencia Europea de Defensa (EDA), convenios y contratos con empresas del sector, etc.

Por este motivo, la Cátedra Isdefe de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) organizó en noviembre de 2013 el Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad (DESEi+d), con la colaboración del Ministerio de Defensa, a través de la Subdirección de Tecnología e Innovación, e Isdefe. La segunda edición del Congreso se celebró en Noviembre de 2014, y el Centro Universitario de la Defensa en Zaragoza organizó el II Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad. Siguiendo con el objetivo de dichos encuentros, este año el Centro Universitario de la Defensa de Marín organiza el III Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad. Con él se pretende que investigadores y expertos de las instituciones mencionadas puedan intercambiar experiencias y conocimientos, como sucede en otros congresos temáticos.

Para cumplir con ese objetivo, el Congreso se ha estructurado en tres partes: una en la que expertos de diferentes instituciones, universidades y empresas aportarán la visión estratégica de la I+D en el sector de la Defensa y la Seguridad, tanto a nivel nacional como europeo; otra de carácter más específico, con conferencias sobre casos de éxito del I+D en Defensa y Seguridad; y una tercera en la que, a través de comunicaciones orales, podrán participar todas aquellas personas que quieran compartir sus conocimientos en alguna de las cuatro áreas tecnológicas en las que se dividirá el Congreso, alineadas con la agrupación tecnológica de la Agencia Europea de Defensa.

A esta idea inicial del Congreso que se celebró el pasado año en el Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza, y que este año se celebrará los días 19 y 20 de noviembre en la Escuela Naval Militar de Marín, se han unido diferentes instituciones y organizaciones relacionadas con el sector de la Defensa y la Seguridad. Esperamos que la idea y la convocatoria susciten un alto interés y se logre el éxito de esta nueva iniciativa.

Comité Organizador

Presidente: *José María Pousada Carballo* – Centro Universitario de la Defensa de Marín

- UPM – Cátedra ISDEFE – *Vicente Ortega Castro*
- ISDEFE – *Jesús Efrén Yániz Igal*
- Ministerio de Defensa – DGAM -Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDGPLATIN) – *CF. José María Riola Rodríguez*
- Escuela Naval Militar de Marín – *CF. Vicente Rubio Bolívar*
- Centro Universitario de la Defensa de San Javier – *Joaquín Roca Dorda*
- Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza – *Antonio Elipe Sánchez*
- Centro Universitario de la Defensa de Marín – *María Mercedes Solla Carracelas*
- Centro Universitario de la Defensa de Marín – *Rafael Asorey Cacheda*
- Centro Universitario de la Defensa de Marín – *Rosa Devesa Rey*

Secretaría

Centro Universitario de la Defensa de Marín – *Rafael Asorey Cacheda*

Comité Científico

Presidenta: *María Mercedes Solla Carracelas* – Centro Universitario de la Defensa de Marín

- Centro Universitario de la Defensa de San Javier
 - Carmen de Nieves Nieto*
 - Pedro J. García Laencina*
 - Fernando Gimeno Bellver*
 - Germán Rodríguez Bermúdez*
 - José Serna Serrano*
 - Nina Skorin Kapov*
- Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza
 - Ángeles Dena Arto*
 - Alberto García Martín*
 - Teresa Lamelas Gracia*
 - Javier Martínez Torres*
 - María Dolores Peláez Coca*
 - Teresa Sánchez Rúa*
- Centro Universitario de la Defensa de Marín
 - Francisco Javier Fernández Fernández*
 - Paula Gómez Pérez*
 - Francisco Javier Rodríguez Rodríguez*
 - Carlos Ulloa Sande*

- INTA - Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial
 - Pedro D. de Vicente y Cuenca*
 - Óscar González Espasadín*
 - David Poyatos Martínez*
 - Juan Gregorio Rejas Ayuga*
- ISDEFE - Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España
 - Fernando Arias Miguélez*
- Unidad de Prospectiva y Estrategia Tecnológica, SDG PLATIN-DGAM, Ministerio de Defensa
 - Angélica Acuña Benito*
 - Yolanda Benzi Rabazas*
 - Pedro Carda Barrio*
 - Fernando Cases Vega*
 - Héctor Criado de Pastors*
 - Jaime de la Parra Díaz*
 - Juan Jesús Díaz Hernández*
 - David García Dolla*
 - Cristina Mateos Fernández de Betoño*
 - Óscar Rubio Gutiérrez*
- Universidad Politécnica de Madrid
 - Ana González Marcos*
 - Luis Ramón Núñez Rivas*
 - Félix Pérez Martínez*
- Universidad Carlos III de Madrid
 - Luis Inclán Sánchez*
 - Eva Rajo Iglesias*
 - Luis Sánchez Fernández*
- Universitat Politècnica de Catalunya
 - Daniel Di Capua*
 - Vega Pérez Gracia*
- Universidad del País Vasco
 - Pablo Angueira Buceta*
- Universidad de la Rioja
 - Luis María López González*
- Universidad de Cantabria
 - Elías Revestido Herrero*
 - Francisco Jesús Velasco González*
- Universidad de Salamanca
 - Diego González Aguilera*
 - Susana Lagüela López*
- Universidad de Extremadura

Antonio José Calderón Godoy

- Universidad Politécnica de Cartagena

Joan García Haro

Antonio Javier García Sánchez

Andrés Iborra García

Joaquín Zueco Jordán

- Universidade de Vigo

Íñigo Cuiñas Gómez

José Durany Castrillo

Francisco Javier González Castaño

José Luis Míguez Tabarés

Faustino Patiño Barbeito

Juan María Pou Saracho

Julio Prada Rodríguez

Rosa María Ricoy Casas

- Universidade de Santiago de Compostela

Emilio Grandío Seoane

Rubén Miranda Gonçalves

Peregrina Quintela Estévez

Carlos Teijo García

Luis Velasco Martínez

- Universidade da Coruña

Javier Cuadrado Aranda

Miguel Ángel Naya Villaverde

Juan José Varela Tembra

Carlos Vázquez Cendón

Sesión III-E. *Sociedad, Economía y Humanidades.*

Viernes 20 de noviembre de 9:00 a 10:30h.

Modera: Juan Jesús Díaz Hernández – *SDGPLATIN/ DGAM/ MINISDEF*

- Mascareñas y Pérez-Íñigo, Carlos; Palma Guerrero, Juan José; Vázquez Mejías, Ana Isabel y Bermúdez Travieso, Tomás, “*Demostrador de Conceptos de Radiofrecuencia en V-U-SHF Mediante Equipos SDR. Diseño y Aplicaciones Didácticas*” 821
- Carreño Morales, Rafael M.; Eiris Barca, Antonio; Barragáns Martínez, Belén y Pousada Carballo, José María, “*Embarque de Profesores Civiles en el Buque “Juan Sebastián de Elcano”: Influencia en la Conciencia de Seguridad y Defensa Nacional*” 829
- Rodríguez-Millán, Marcos; Marco Esteban, Miguel; Loya Lorenzo, José Antonio; Moure Colón, Fernando y Miguélez Garrido, María Henar, “*Tecnologías para la Seguridad y su Aplicación en la Formación Superior de los Futuros Oficiales de la Guardia Civil*” 839
- Gómez Cabello, Alba; Matute Llorente, Ángel; Gómez Bruton, Alejandro; Gutiérrez Gutiérrez, Julián; Manzanos Hernáez, Roberto; Vicente Rodríguez, Germán y Casajús Mallén, José Antonio, “*Evolución de la Composición Corporal y Condición Física de los Cadetes del Ejército de Tierra: Estudio Longitudinal*” 847
- Guerrero Izquierdo, Elena; García Torres, Javier y Hernández Regalado, Miguel Ángel, “*Curación de Úlceras Tórpidas en la Cavidad Oral*” 855
- Hernández Corchete, Sira y Farré Basurte, Jorge, “*Hacia una Comunicación Estratégica Integral de la Defensa. El Concepto del “Soldado Narrativo”*” 861

Sesión III-E

Sociedad, Economía y Humanidades

Demostrador de Conceptos de Radiofrecuencia en V-U-SHF mediante equipos SDR. Diseño y Aplicaciones Didácticas.

Mascareñas y Pérez-Iñigo, Carlos^{1,*}, Palma Guerrero, Juan José¹, Vázquez Mejías, Ana Isabel¹ y Bermúdez Travieso, Tomás¹

¹Grupo de Investigación TIC 191. Señales, Sistemas y Comunicaciones Navales. Departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación. Centro Andaluz Superior de Estudios Marinos. Universidad de Cádiz. 11510 Puerto Real. Cádiz

* Autor Principal y responsable del trabajo; E-Mail: carlos.mascareñas@uca.es

Abstract: En este artículo se presenta un equipo electrónico para investigación y enseñanza desarrollado y patentado por investigadores del Grupo Señales, Sistemas y Comunicaciones Navales con el fin de proporcionar a los alumnos del Grado de Ingeniería Radioelectrónica una plataforma de ensayo en la que afianzar sus conocimientos, mediante prácticas regladas o prácticas sugeridas a iniciativa de los propios alumnos, o desarrollar sus Proyectos de Fin de Grado, Máster e incluso Tesis Doctorales. Estos instrumentos electrónicos, que normalmente son receptores de radiofrecuencia adaptados a sistemas computerizados de presentación en pantalla, representan un alto coste de adquisición y mantenimiento y son impensables en talleres de enseñanza de una pequeña Universidad Pública, lo que obliga a agudizar el ingenio del profesorado con el fin de conseguir la mejor preparación técnica, teórica y práctica, de su alumnado mediante plataformas de bajo coste. La experiencia de este Grupo de Investigación, ya demostrada desde 2012 mediante el Demostrador de Conceptos Marconi (<http://marconi.uca.es>)[1], ha permitido diseñar un sistema de frecuencias superiores en el cual se adaptan los dispositivos RTL-SDR a antenas servocontroladas en las bandas de VHF, UHF y SHF, siendo posible aplicar el nuevo demostrador a casi todas las asignaturas “de Radio”.

Keywords: Software Defined Radio, Radiotecnía, Enseñanza, Entrenamiento, Competencia.

1. Introducción

De todos es sabida la gran dificultad que supone la detección, localización, medición, análisis, clasificación e identificación de los campos electromagnéticos radiados entre los que nos movemos diariamente. Dado que los sentidos del ser humano trabajan en frecuencias distintas a las de la radio, aquellas que se encuentran por debajo de 3.000 GHz[2], y por lo tanto son necesarios instrumentos electrónicos que permitan representar de una forma comprensible para el alumno qué es lo que se está recibiendo por la antena.

El Ingeniero Radioelectrónico, futuro Oficial Radioelectrónico de la Marina Mercante, debe ser capaz, según el Ministerio de Fomento[3], la UIT[2] y la Organización Marítima Internacional[4], no sólo de operar y mantener los equipos radioelectrónicos bajo su mando en el buque en el que navegue, sino también de los que se le encargue su instalación o reparación desde bases de mantenimiento en tierra. Así mismo es el técnico competente de los diseños de reforma de instalaciones radioeléctricas en buques civiles españoles, e incluso a veces de nueva construcción, cuando el buque porte bandera española, se construya en España para la exportación o se importe desde el extranjero hacia España[3].

Dicho esto, nos encontramos ante un alumnado que no es físicamente capaz de sentir las señales que va a utilizar y por lo tanto, adquirir el concepto correcto de las mismas es extremadamente importante. No es necesario comparar exhaustivamente “Radioelectrónica” con Puente o Máquinas Navales, mientras que los segundos “sienten” la velocidad de caída del buque, “ven” la diferencia de latitud con las estrellas, “miden” el calado a proa y popa, y los terceros “toman” temperaturas y presiones, “sienten” las vibraciones y “oyen” los ruidos generados por la máquina o por los auxiliares, el Radioelectrónico ni ve, ni oye, ni toca, ni siente las ondas de radio o los bits que circulan por una red de área local embarcada.

Por lo tanto, este Grupo de Investigación se planteó avanzar un poco más en los desarrollos del demostrador Marconi y llevarlos al campo de la *radionavegación*, la *radiolocalización* y la *radioastronomía*, pero de la forma más barata posible. Otra ventaja del Demostrador es que se planteó como proyecto abierto, por lo que su nivel de crecimiento puede ser ilimitado al permitir la participación de los diversos Departamentos e Institutos universitarios en su concepción y su aplicación práctica a los alumnos de los distintos grados de Física, Matemáticas, Ingeniería Electrónica, Informática o Aeroespacial.

Por ejemplo, la Radioastronomía es una ciencia joven, nacida y evolucionada en menos de un siglo gracias al trabajo de personas no directamente relacionadas con la investigación astronómica[5]. La UIT no la contempla como un Servicio de Radiocomunicaciones, pero sí se la incluye en el cuadro de bandas de frecuencias dedicadas a distintos Servicios con el fin de proteger los ensayos científicos sobre cuerpos celestes[6]. La Radioastronomía y las Radiocomunicaciones comparten frecuencias y equipos receptores, dependiendo de a qué serie de futuros datos digitalizados se le denomine *señal* y al resto se le denomine *ruido*, primero de los conceptos que tiene que tener muy claro el Ingeniero Radioelectrónico, la *relación señal/ruido*.

2. Materiales y Métodos. Sección Experimental

En la figura 1 se puede apreciar el conjunto de *antenas servocontroladas* del demostrador de conceptos EAC-10 [7] que dispone de:

- Antena *parabólica Offset* con LNB de la *Banda Ku* y *dipolo cerrado* de 1420 MHz en su foco.
- Antena parabólica Offset con LNB de la *Banda C* y dipolo cerrado de 406 MHz
- Antena *Yagi-Uda* de 21 elementos para la frecuencia de 1420 MHz, y
- Antena *Logaritmo periódica* de 15 elementos para las frecuencias de 200 a 800 MHz.

Todas las antenas son antenas comerciales, bien de televisión o de aficionado. Las seis antenas se instalan sobre un mástil circular que encaja perfectamente en el soporte del rotor de *elevación* Yaesu G550 y este a su vez sobre el rotor de *azimut* Yaesu G650. El rotor de *azimut* se soporta mediante un mástil para antenas parabólicas de un metro de altura y este sobre un conjunto de perfiles metálicos que le proporcionan estabilidad.

Para evitar el fuerte viento que suele azotar la Bahía de Cádiz, la Universidad de Cádiz nos cedió el cupulín de cristal del Centro Andaluz Superior de Estudios Marinos (CASEM) del Campus de Puerto Real. Ubicación temporal hasta que, una vez comprobados e integrados todos los componentes y adquirida una base más consistente, se traslade todo el conjunto al Castillete de la Pala B del mismo edificio, pero al aire libre.

En la piso superior de la cúpula de cobre del CASEM, diez metros en vertical más abajo del cupulín, se encuentra ubicado el Museo de Astronomía Náutica y Navegación de la UCA, que es donde se encuentra ubicado el Centro de Control del Conjunto de Antenas EAC10, a 20 metros de cable coaxial por antena, estando formado por:

- *Controlador de Rotor* de Antenas Yaesu G5500.
- *Ordenador de control del Rotor* de Antenas con *software de seguimiento*.
- *Ordenador de análisis y registro de señales*
- Receptor *Analógico* de Televisión Vía Satélite.
- Receptor de Señales de Televisión *Digital* Terrestre.
- Receptor analógico de Televisión.
- Múltiples receptores de *radio definida por software* denominados RTL-SDR[8].

Una vez conectados los rotores a su controlador y las antenas a sus receptores, nos encontramos con el siguiente montaje, que funciona perfectamente y como tal ha sido patentado por la UCA[7].

Las antenas y LNBs inyectan, mediante el *cable coaxial* y los conectores, las señales de radiofrecuencia recibidas en sendos *amplificadores de línea* (marcados de color rojo en la figura 1) y estos, que se alimentan a través de apropiados *inyectores de corriente*, a su vez en otros cables coaxiales la señal de radiofrecuencia amplificada hasta los niveles necesarios para poder llegar al sistema de recepción y procesamiento de señales y datos.

Los amplificadores de línea se ubican en la proximidad inmediata de la salida de la antena o detrás de las parábolas o de la verga con el fin de evitar la acción directa de la *energía infrarroja* emitida por el Sol, que puede elevar el *ruido en el Amplificador*.

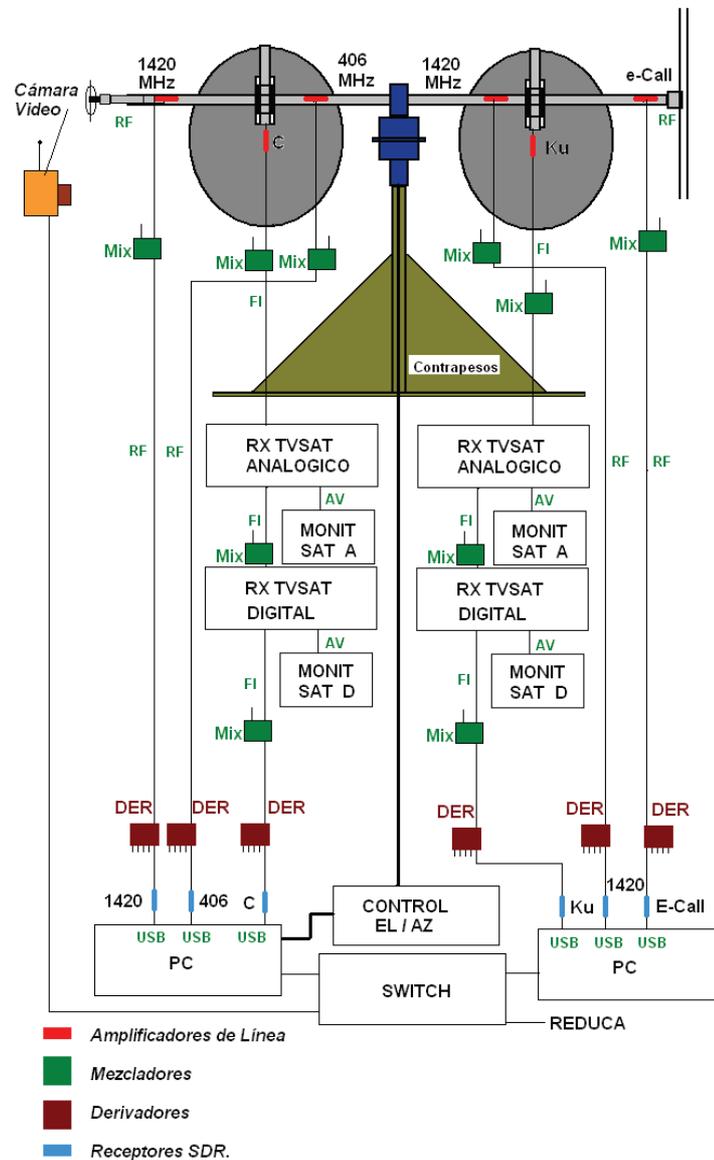


Figura 1. Demostrador de Conceptos de Radiofrecuencia EAC10 Patentado por la UCA.

En el caso de los receptores de televisión vía satélite, y para que el alumno pueda evaluar la bondad del sistema de *seguimiento y apuntamiento* de antenas, se utilizan uno, dos o más receptores de televisión vía satélite por cada antena parabólica, normalmente uno analógico y otro digital con el sistema DBV-S o similar.

Como los receptores de TV vía satélite tienen una entrada y una salida se pueden poner ambos en *cascada* y además se pueden visualizar las imágenes en los monitores que están conectados a las *salidas SCART, Audio-Video o Euroconectores*.

Además, no reflejado en la figura 1, se puede aprovechar la salida de *canal ajustable de radiofrecuencia* para que pueda recibirse la señal sintonizada en un canal de UHF y decodificarse y analizarse por medio de un receptor SDR con salida USB. En este caso el receptor de televisión vía satélite haría de filtro de RF y de mezclador de señales, bajando de la banda de 900-2700 MHz hasta la de 500-900 MHz.

Al final de los cables coaxiales, ya sea directamente desde los *amplificadores de línea de bajo ruido* (LNA) o desde la *salida de Frecuencia Intermedia* de los receptores de televisión vía satélite, se conecta un receptor de radio definido por software (SDR) que opera en las frecuencias determinadas por la antena.

La integración de los receptores con los ordenadores tipo PC, Mac o microordenadores similares a la plataforma Raspberri PI se realiza, por lo general, mediante un interface normalizado como el USB.

El análisis y tratamiento de la señal se realiza mediante el software más adecuado elegido por el equipo docente entre los comerciales, gratuitos o de coste compartido, normalmente el SDR-Sharp ®[9] o el Spectrumlab®[10], Digipan®[11], Spectravue®[12]. Lo mismo sucede con los programas de decodificación de comunicaciones por radio como Hamcomm[13], Shipploter®[14], Plainplotter®[15], DSCdecoder®[16], NDBfinder®[17], Orbitron®[18], FLDigi®[19], JVComm32®[20], WXSat®[21], HFfax®[22] y otros.

Con el fin de poder medir las señales con los típicos instrumentos de laboratorio radiotécnico se utilizarán *derivadores* de una entrada y dos salidas a una entrada y ocho salidas, sin paso de corriente, posibilitando la conexión simultánea de *Osciloscopios, Analizadores de Espectros, Frecuencímetros, Analizadores Vectoriales*, etc. aquellas salidas que no se usen se terminarán con una carga de la misma impedancia que el cable coaxial.

3. Resultados y Discusión

Como ha podido apreciar el lector, durante el texto anterior se han resaltado un conjunto de palabras en tipo versal. Todas ellas y aún más son los conceptos que se adquieren con este demostrador de bajo coste. En este caso nos encontramos ante un receptor de radio reconfigurable, a través del uso de distintas Frecuencias Intermedias, dependiendo de la frecuencia de trabajo de la antena.

3.1. Banda de SHF (3.000 a 30.000 MHz).

3.1.1 Televisión vía satélite.

A través del LNB de la Banda Ku se pueden recibir las señales de televisión vía satélite utilizando los receptores de televisión vía satélite específicos, ver el espectro de FI de la imagen transmitida y la codificación analógica o digital a través de la salida de frecuencia intermedia del receptor o las señales de banda base ya decodificadas por las salidas de audio o video, utilizando un RTL-SDR.

Así mismo podemos utilizar un receptor RTL-SDR recibiendo directamente desde el LNB en FI y ver el espectro de dicha señal.

3.1.2 Señales de radar Banda X.

A través del LNB de la Banda Ku se pueden recibir las señales de Radar marino, por lo que podemos utilizar un receptor RTL-SDR recibiendo directamente desde el LNB en FI y ver el espectro de dicha señal en la banda de VHF.

3.1.3 Televisión vía satélite (4-6 GHz).

A través del LNB de la Banda C se pueden recibir las señales de televisión vía satélite utilizando los receptores de televisión vía satélite específicos, ver el espectro de FI de la imagen transmitida y la codificación analógica o digital a través de la salida de frecuencia intermedia del receptor o las señales de banda base ya decodificadas por las salidas de audio o video, utilizando un RTL-SDR.

Así mismo podemos utilizar un receptor RTL-SDR recibiendo directamente desde el LNB en FI y ver el espectro de dicha señal.

3.1.4 Señales de radar Banda C (3-4 GHz).

A través del LNB de la Banda C se pueden recibir las señales de Radar marino, por lo que podemos utilizar un receptor RTL-SDR recibiendo directamente desde el LNB en FI y ver el espectro de dicha señal en la banda de VHF.

3.2. Banda de UHF (300 a 3.000 MHz).

3.2.1 Radioastronomía.

A través de la antena Yagi de 1420 MHz, o del dipolo cerrado en el foco de una parabólica, y directamente conectada al RTL-SDR o a través del LNA se pueden recibir las emisiones de H provenientes del Sol, así como la emisión de Deuterio en 327,4 MHz con la antena de Logperiódica. El Seguimiento se realiza a través del programa Orbritron®.

3.2.2 Radiolocalización.

A través de la antena dipolo cerrado en el foco de la otra parabólica o a través de la Logaritmoperiódica y conectando directamente el RTL-SDR al coaxial o a través del LNA, se pueden recibir las EPIRBS de 406 MHz .

A través de las antenas de 1420 MHz los TACAN de ciertos aeropuertos, aunque no sea su antena apropiada.

3.2.3 Servicio de Observación de la Tierra.

A través de la antena de 1420 MHz el satélite Meteosat, aunque no sea su antena apropiada.

3.2.4 Servicio de Aficionados y Aficionados Vía Satélite.

Recepción en la banda de 430-440 MHz. Repetidores. Aficionados vía satélite. Packetradio
Televisión de aficionado en 439 y 1240 MHz.

3.2.5 Servicio de Radiodifusión.

A través de la antena logaritmo periódica, las emisiones de televisión analógica y digital.

3.2.6 Servicio Móvil Terrestre.

A través de la antena logaritmo periódica, estudio de las comunicaciones de telefonía móvil, TETRA y otras de interés.

3.3 Banda de VHF (30 a 300 MHz).

Análisis de Espectros. Confirmación de protocolos y modulaciones. Escucha directa a través de RTL-SDR y decodificación a través del programa adecuado a cada tipo de emisión de:

3.3.1 Servicio Móvil Marítimo.

Recepción de las frecuencias de VHF/FM marítimas, frecuencia de socorro de hombre al agua 121,5 MHz, decodificación de la Llamada Selectiva Digital, decodificación del AIS.

3.3.2 Servicio Móvil Aéreo.

Recepción de la banda de frecuencias aeronáuticas VHF/AM, control de aproximación, rodadura, aparcamiento, radar, VOR, etc.

3.3.3 Servicio de Observación de la Tierra.

Recepción de satélites NOAA en la banda de 135-139 MHz.

3.3.4 Servicio de Aficionados y Aficionados Vía Satélite.

Recepción en la banda de 144-146 MHz. Repetidores. Aficionados vía satélite. APRS. Echolink.

3.3.5 Servicio de Radiodifusión

Recepción de las emisoras de radiodifusión en WFM

4. Conclusiones

No es ningún disparate concluir que un pequeño dispositivo SDR, de valor económico despreciable, ha revolucionado el sistema de enseñanza de la Radioelectrónica en la Universidad de Cádiz, donde los alumnos llevan cada uno el suyo en el bolsillo para realizar las prácticas en la Escuela y en su domicilio. Los equipos de radio definidos por software son un buen ejemplo de aprovechamiento del mínimo hardware para la utilización de la mayor parte de los sistemas de radiocomunicaciones simplemente sustituyendo el software de decodificación y compartiendo el de control.

Gracias a ellos se ha leído una Tesis Doctoral y otra está en marcha, así como un Proyecto de Fin de Máster en la Escuela de Ingenierías Marina, Náutica y Radioelectrónica.

El alumno de Ingeniería Radioelectrónica ya no podrá decir que “no visualiza las Radiocomunicaciones”

Agradecimientos

Los autores agradecen al Grupo de Investigación Señales, Sistemas y Comunicaciones Navales de la Universidad de Cádiz la aportación económica necesaria para la investigación sobre RTL-SDR.

Referencias

1. Mascareñas, C.; Palma, J.J. Demostrador de Conceptos de Radiofrecuencia para las asignaturas del Grado en Ingeniería Radioelectrónica. *Radioaficionados*. 2013. Octubre. 4-8.
2. UIT. *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Ginebra. 2012.
3. Ministerio de Fomento. *Real Decreto 1185/2006, de 16 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de los buques civiles españoles*. Boletín Oficial del Estado. 2006.
4. OMI. *Convenio para la Formación, Titulación y Guardia de la Gente de Mar*. Organización Marítima Internacional. Londres 1995 con las Enmiendas de Manila de 2010.
5. Bradaschia, F. *Radioastronomy. Introduction to invisible sky*. Sandit Libri. 2014.
6. UIT. *Recomendación UIT-R RA.314-10 Bandas de frecuencias preferidas para las mediciones radioastronómicas 1995-2003*. Ginebra 2003.
7. Mascareñas, C.; Palma, J.J. *Demostrador de conceptos de radiofrecuencia con aplicaciones múltiples en el campo de la enseñanza Superior*. Patente E201300558. Oficina Española de Patentes y Marcas.
8. Palma, J.J. *Estudio y aplicación del Procesado Digital de la Señal a las radiocomunicaciones digitales*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. Octubre. 2014.
9. <http://sdrsharp.com/#sdrsharp>
10. <http://spectrum-lab.software.informer.com/>
11. <http://www.digipan.net/>
12. <http://www.moetronix.com/spectravue.htm>
13. <http://www.pervisell.com/ham/hc1.htm>
14. <http://www.coaa.co.uk/shipplotter.htm>
15. <http://www.coaa.co.uk/planepplotter.htm>
16. <https://www.coaa.co.uk/dscdecoder.htm>
17. <https://www.coaa.co.uk/ndbfinder.htm>
18. <http://www.stoff.pl/>
19. <http://www.w1hkj.com/download.html>
20. http://www.jvcomm.de/index_e.html
21. http://www.hffax.de/html/hauptteil_wxsat.htm
22. <http://www.hffax.de/>

DESEi+d

2015



<http://goo.gl/jUDy01>