

# Libro resúmenes comunicaciones DESEI+d 2024



MINISTERIO DE DEFENSA





Libro resúmenes comunicaciones  
DESEi+d 2024

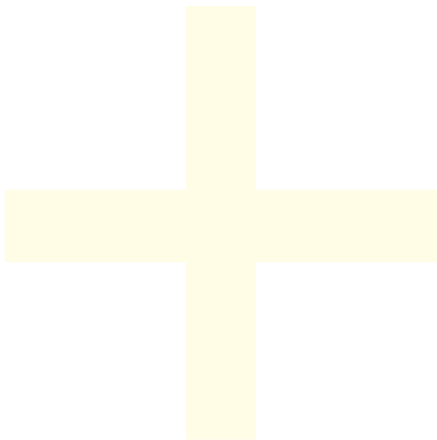


MINISTERIO DE DEFENSA





Libro resúmenes comunicaciones  
DESEi+d 2024





Catálogo de Publicaciones de Defensa  
[publicaciones.defensa.gob.es](http://publicaciones.defensa.gob.es)



Catálogo de Publicaciones de la Administración  
General del Estado  
[cpage.mpr.gob.es](http://cpage.mpr.gob.es)

Edita:



Paseo de la Castellana 109, 28046 Madrid

© Autores y editor, 2024

NIPO 083-24-245-2 (edición impresa)  
ISBN 978-84-9091-954-5 (edición impresa)

NIPO 083-24-246-8 (edición en línea)

Depósito legal M 18086-2024  
Fecha de edición: septiembre de 2024  
Maqueta e imprime: Imprenta Ministerio de Defensa

Las opiniones emitidas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de los autores de la misma. Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del copyright ©.

[publicaciones.defensa.gob.es](http://publicaciones.defensa.gob.es)  
[cpage.mpr.gob.es](http://cpage.mpr.gob.es)



# Índice

Presentación libro resúmenes DESEi+d 2024 .....	15
<b>Área I. Armas y municiones</b> .....	<b>19</b>
Armas de energía dirigida láser: contexto nacional y global. Lanzamiento del proyecto nacional: DIAL.....	21
Modelado por elementos finitos del comportamiento de un ÉFP, utilizando PG-3 como explosivo .....	23
Perfilometría láser en cañones de artillería: análisis y estimación de vida útil para desarrollar un estimador de mantenimiento .....	25
Diseño de un nuevo sistema de arma reutilizable lanzada desde hombro, polivalente de alcance extendido.....	27
Efecto de la carga de partículas sólidas en las propiedades viscoelásticas de elastómeros de HTPB en propulsores sólidos composite.....	29
Demostrador de arma de energía dirigida láser para la neutralización de amenazas UAV-RPA's.....	31
Fabricación aditiva de micromotores (MDB: primeros pasos (previos al entrecruzamiento).....	33

<b>Área 2. Sensores y sistemas electrónicos</b> .....	<b>35</b>
Hacia un uso más eficiente de sensores de fibra óptica en redes de Bragg (FBGs) en la monitorización estructural.....	37
Metamateriales y su aplicación óptica en Defensa.....	39
Técnicas de <i>few-shot learning</i> para la clasificación de buques militares con imágenes satelitales.....	41
Extracción automática de infraestructuras y elementos cartográficos mediante IA aplicada a imágenes aéreas.....	43
Proyecto CROWN. Resultados finales de un demostrador de Sistema AESA Multifunción.....	45
Uso de cámaras termográficas de bajo coste para el estudio de la transmitancia térmica de la envolvente del CUD-ENM.....	47
Krystalia: inteligencia artificial para el desarrollo de cátodos de alto rendimiento en baterías de ion-litio.....	49
Clasificación de navíos aplicando redes neuronales artificiales a su firma acústica.....	51
Prototipo experimental ArcSAR embarcado en una plataforma aérea.....	53
Desafíos y soluciones en la adquisición de imágenes para la detección del tren de aterrizaje en aeronaves militares mediante modelos de <i>deep learning</i> .....	55
Transformada de Fourier en el tratamiento de las señales de una <i>e-nose</i> , para la identificación de sustancias de interés en el ámbito de la seguridad pública y la defensa.....	57
Sistema de perturbación ( <i>spoofing</i> ) para receptores GPS embarcados.....	59



Sensores acústicos para la protección de infraestructuras marinas críticas.....	61
Aproximación a un array antenas de vigilancia para el uso de señales DRM de oportunidad.....	63
Identificación de explosivos caseros mediante nariz electrónica con modelo de respuesta.....	65
<b>Área 3. Tecnologías comunes a bases e instalaciones, plataformas y combatientes.....</b>	<b>67</b>
Análisis de riesgos en proyectos de I+D de fabricación aditiva en el sector de la defensa: un enfoque difuso.....	69
Modelo de optimización no lineal para la obtención de rutas de navegación óptimas de mínimo consumo de combustible.....	71
El uso de manuales técnicos electrónicos interactivos para el mantenimiento de los sistemas. El reto del mantenimiento predictivo.....	73
Adaptive federated learning basado en blockchain: nuevas fronteras la gestión logística y de arsenales.....	75
Transformación digital de las actividades de metrología y calibración del INTA en apoyo a los laboratorios de Defensa.....	77
Análisis del comportamiento dinámico de paneles FML frente a ondas de choque.....	79
IMAGINE: un asistente al inspector de rayos X basado en inteligencia artificial.....	81
Centro de mecanizado para reparación de daños en zona de operaciones.....	83

Caracterización de CMCs de cordierita reforzados con grafeno mediante moldeo por inyección de polvos.....	85
Fabricación de andamiajes para la proliferación de microalgas y su uso en el tratamiento de las aguas.....	87
Dopaje de una hidrotalcita de Mg/Al con surfactantes para el tratamiento de aguas.....	89
Aplicaciones de las técnicas de etiquetado débil en el mantenimiento militar.....	91
Fabricación de fibras micrométricas con propiedades avanzadas...	93
<b>Área 4. Bases e instalaciones.....</b>	<b>95</b>
NOMAD EMS: solución avanzada de gestión de energía.....	97
Influencia de la incorporación de PCM en las características mecánicas y térmicas de los morteros de cemento.....	99
Modelado numérico de barreras verticales de bloques de hormigón frente a explosiones accidentales de hidrógeno.....	101
Desarrollo de un sistema de fabricación aditiva transportable para producción de instrumental quirúrgico (QUIRUR3D).....	103
Diseño y análisis energético de módulos prefabricados basados en estrategias bioclimáticas para aplicaciones militares.....	105
Sellado de poros por atracción quimiotáctica de bacterias: explorando un nuevo método de bioingeniería para reducir riesgos químicos.....	107
Análisis experimental de consumos y emisiones de un biocombustible en un generador trícilíndrico.....	109

<b>Área 5. Plataformas terrestres</b> .....	111
VIREX: robot germicida autónomo para la eliminación de patógenos en instalaciones sanitarias .....	113
Desarrollo metrológico en apoyo a los ensayos de homologación de vehículos militares.....	115
<b>Área 6. Plataformas navales</b> .....	117
Propuesta de diseño aplicada al futuro buque de aprovisionamiento de la Armada para facilitar la fabricación aditiva a bordo y su distribución.....	119
Estudio de la estanqueidad entre compartimentos de buque mediante técnicas de acústica avanzada: primeros resultados del proyecto de investigación DnTAA .....	121
PULSMES: desarrollo del sistema de alta potencia.....	123
Sobre la reducción de esfuerzos viscosos en propulsores marinos...	125
Kimiko: acelerando el desarrollo de nuevos materiales para buques resistentes a la corrosión.....	127
Evaluación de metamateriales para la mejora de la firma acústica submarina.....	129
<b>Área 7. Plataformas aéreas</b> .....	131
Simulaciones CFD del caso de aplicación NLR Diana 2 glider en el marco de las actividades desarrolladas en el NATO STO RTG AVT-35 I .....	133
Ensayos en túnel de viento para determinar las fuerzas aerodinámicas sobre un helicóptero NH-90 operando en las proximidades de un edificio.....	135

Propuesta de un sistema de enjambre de UAVs para operaciones de entrenamiento militar con blancos aéreos.....	137
Navegación solar aplicada a UAS: estimación de rumbo en entornos de GNSS denegado .....	139
Desarrollo y desafíos tecnológicos de UAS consumibles en operaciones en entornos hostiles con interferencia GNSS.....	141
Hacia la autonomía total: progresos en la gestión de enjambres de UAVs.....	143
iRPAS: sistema aerostático desplegable para el apoyo logístico .....	145
Planificación de trayectorias para múltiples plataformas.....	147
<b>Área 8. Sistemas espaciales.....</b>	<b>149</b>
Avión espacial hipersónico dual europeo .....	151
Uso del método Hilaire con el Sol.....	153
Determinación avanzada de actitud y propiedades de objetos espaciales en usos duales.....	155
El Programa Espacial de la Unión Europea y la Acreditación de la Seguridad.....	157
ANSER, Programa de Constelaciones de Pequeños Satélites.....	159
Propuesta de arquetipo para el modelado de amenazas en sistemas espaciales.....	161
Optimización del diseño y operación de un motor <i>scramjet</i> para propulsión hipersónica mediante métodos numéricos.....	163
Estudio de una carga útil óptica para misiones VLEO para Defensa y Seguridad.....	165

<b>Área 9. Combatiente</b> .....	167
Evaluación de la laxitud de rodilla en personal militar del Ejército Español.....	169
Proyecto Cerauxet: investigación y desarrollo de estructuras auxéticas de polietileno como <i>backing</i> y soporte de cerámicas de alto rendimiento obtenidas por nuevos procesos.....	171
<b>Área 10. NRBOe</b> .....	173
Combinando materiales nanoestructurados para la detección de agentes químicos de guerra: una aproximación teórica.....	175
Evaluación de la protección NBQ de vehículos militares.....	177
Estudio de estabilidad de soportes de silicio como superficie de inmunocaptura en biosensores <i>on-site</i> .....	179
<b>Área 11. Tecnologías de la información, comunicaciones y simulación</b> .....	181
Dinámica de estrategias en la confrontación de enjambres de drones.....	183
Batalla de Bakhmut. Una aplicación del modelo predictivo en la caracterización de la estrategia.....	185
Láser de puntos cuánticos III-V para la integración de fuentes de luz en silicio.....	187
Algoritmos de coordinación por radio definida por <i>software</i> en simulaciones de combate de múltiples entidades.....	189
SIAMMETOC-OM: desarrollo de un sistema operacional de apoyo metoceanográfico durante operaciones navales.....	191

Optimización de redes tácticas.....	193
Hacia una Europa de la Defensa: concepto de una red federada para la comunicación entre sistemas logísticos militares y civiles (Fedlogit Network).....	195
Transmisión y recepción de imágenes vía link-16.....	197
Control de flotas de drones mediante sistemas chatbot de inteligencia artificial.....	199
Evolución semántica de una estructura de desglose de alcance de un sistema de armas a un conjunto de datos abiertos.....	201
Innovaciones tecnológicas en la formación policial para técnicas de interrogatorio.....	203
Pyrotronics: simulación de sistemas optoelectrónicos complejos.....	205
Sensores virtuales en instalaciones críticas mediante inteligencia artificial.....	207
Determinación del impulso generado por minas en pozo de arena para su aplicación en simulación.....	209
Diseño de un generador I/Q para beamforming en banda milimétrica.....	211
Mantenimiento predictivo de aerorreactores basados en <i>digital twins</i> .....	213
Modelos visuales de lenguaje para la detección de defectos en placas de acero.....	215
Supercomputación e inteligencia artificial en la evaluación de los impactos causados por terremotos.....	217

Métrica para optimización del direccionamiento de antenas matriciales.....	219
Hacia la detección de pequeños objetos en el espacio: Quantum Illumination integrada.....	221
Gemelo digital de entorno operativo marítimo: propuesta de arquitectura de integración de datos y operación.....	223
<b>Área 12. Ciberdefensa</b> .....	<b>225</b>
Diseño de un dataset basado en patrones de capec para la detección de ataques mediante técnicas de <i>machine learning</i> ..	227
Despliegue de Crawlers en la Red TOR para la detección de patrones delictivos.....	229
Panorama geoestratégico y tecnológico de la criptografía cuántica y postcuántica.....	231
Propuesta de una clasificación de tecnologías y proyectos en ámbitos de defensa y <i>combat cloud</i> .....	233
Un nuevo enfoque tecnológico para la detección de anomalías en entornos OT navales.....	235
Comunicaciones seguras frente a ataques cuánticos con protocolos de claves simétricos de secreto perfecto persistente.....	237
QKD desde satélites en órbita baja, garantizando la inviolabilidad de los intercambios de información.....	239
MadQCI: la red de comunicaciones cuánticas que se ha convertido en un centro de pruebas de referencia para la OTAN.	241

<b>Área I 3. Sociedad, economía y humanidades .....</b>	<b>243</b>
Liderazgo de servicio, eficacia y cohesión en las organizaciones militares. Estudio de su relación en el contexto docente de la enseñanza superior .....	245
Herramientas de <i>machine learning</i> aplicadas a la predicción de costes en el ciclo de vida de los sistemas de armas.....	247
El rol de las políticas de I+D en la transferencia tecnológica entre el sector de defensa y el sector privado: el caso de las Islas Canarias.....	249
Niveles de cortisol en una muestra de alumnos pilotos y su repercusión en vuelo.....	251
Componentes para la comunicación efectiva aplicable a proyectos de Defensa y Seguridad .....	253
Aplicación de ABP+AHP en la enseñanza militar de perfeccionamiento. Aplicación a la gestión de programas de la defensa.....	255
Punto de partida y perspectiva del servicio militar obligatorio en España .....	257





## **PRESENTACIÓN LIBRO RESÚMENES DESEi+d 2024**

La XI edición del Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad de este 2024 se celebra durante los días 12, 13 y 14 de noviembre en el Palacio de Ferias y Congresos de Jaén. Este congreso es organizado conjuntamente por las Direcciones Generales de Armamento y Material y de Reclutamiento y Enseñanza Militar. En esta edición, la organización recae en la Dirección General de Armamento y Material.

La elección de esta ubicación responde a uno de los objetivos de la Política de I+D+i del MINISDEF que persigue promover el máximo conocimiento de las necesidades tecnológicas de las FAS en todo el territorio nacional, así como lograr el mayor grado de participación de todo tipo de entidades (universidades, centros de investigación e industria) de todas las CCAA españolas en su consecución.

En línea de las ediciones anteriores, el DESEi+d se presenta como un foro y punto de encuentro de todos los agentes relacionados con la I+D+i en el ámbito de la Defensa y la Seguridad, donde tendrán la oportunidad de presentar y difundir los resultados de las últimas investigaciones y trabajos realizados en alguna de las áreas temáticas relacionadas con la Defensa y Seguridad.

La estructura del congreso consta de una mesa plenaria de alto nivel cada uno de los tres días, en las que intervienen destacados representantes de organismos y entidades públicas y privadas con responsabilidades en I+D+i, de la cuales se puedan obtener orientaciones de interés en relación

con aspectos cruciales para el presente y el futuro de la I+D+i de aplicación a Defensa y Seguridad y la presentación de las comunicaciones presentadas en aulas en paralelo cada uno de los días de celebración del congreso

Entre las novedades de esta edición, caben destacar un espacio específico en el dedicado a la innovación, contribuyendo de esta manera a los esfuerzos que se están realizando tanto a nivel nacional como internacional en el impulso a la innovación y la creación, junto a FEINDEF, de un premio de innovación en el ámbito de las Fuerzas Armadas, cuyo galardón será entregado en uno de los días del congreso.

En este libro, como en las ediciones anteriores, se exponen los resúmenes de las comunicaciones presentadas y aprobadas por revisión por pares, agrupadas según las trece diferentes áreas temáticas del congreso.

El creciente interés y nivel de participación en las ediciones anteriores, así como la realidad actual en las que la componente tecnológica previsiblemente juegue un papel central en el ámbito de seguridad y defensa hace que nuevamente podamos esperar interesantes y valiosas contribuciones de todos los ponentes y asistentes al Congreso.

Desde el Comité Organizador, queremos agradecer a todos ustedes su participación y asistencia, deseándoles el máximo aprovechamiento de esta nueva edición del DESEi+d.

Comité Organizador DESEi+d 2024.



## Comité director y científico

### Comité Director (CODIR)

El Comité Director (CODIR) se constituye como órgano de apoyo a la dirección y organización del congreso.

- Presidente. SDG de Planificación, Tecnología e Innovación. - GD. Enrique Campo Loarte.
- Vicepresidente. Subdirector general de Enseñanza Militar. - GB. Juan Manuel Sánchez Aldao.
- Vocal. Director del CUD Zaragoza. Francisco José Gómez Ramos.
- Vocal. Director del CUD Marín. José Martín Dávila.
- Vocal. Director del CUD San Javier. Nicolás Madrid García.
- Vocal. Director del CUD Madrid. Natalio Antonio García Hondurilla.
- Vocal. Representante de ISDEFE. Ildefonso Vera Gómez.
- Secretario. Óscar Jiménez Mateo.

### Comité Científico (COCIEN)

Su misión principal será coordinar la revisión, clasificación, análisis y evaluación de los artículos técnicos recibidos.

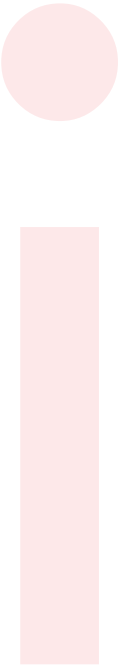
- Presidencia. CUD Zaragoza. Miguel Ángel Urbiztondo Castro.
- Vocal. SDG PLATIN. Óscar Jiménez Mateo.
- Vocal. CUD San Javier. María Teresa Martínez Inglés.

- Vocal. CUD Madrid. Natalio Antonio García Honduvilla.
- Vocal. CUD Marín. María Álvarez Hernández.
- Vocal. CUD Marín. José María Núñez Ortuño.
- Vocal. ISDEFE. Belinda Misiego Tejeda.
- Secretario. CUD Zaragoza. Óscar de la Iglesia Pedraza.

DESE

Área I

Armas y municiones







DESEi+d 2024-47

# Armas de energía dirigida láser: contexto nacional y global. Lanzamiento del proyecto nacional: DIAL

**Benito, Alberto<sup>1\*</sup>; Pérez, Alberto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Indra Sistemas S. A., avenida de Bruselas, n.º 35, 28108. Alcobendas, Madrid. Correo electrónico: [indra@indracompany.com](mailto:indra@indracompany.com)

\* Autor principal. Correo electrónico: [abenitor@indra.es](mailto:abenitor@indra.es)

## Resumen

El proyecto español «Demostrador Instrumental de Arma Láser: DIAL», cuya convocatoria fue lanzada y adjudicada a través de la DGAM (Dirección General de Armamento y Material), a finales del 2023, supone un nuevo esfuerzo nacional en la carrera por los desarrollos de armas de energía dirigida láser o «armas láser».

Con una duración programada de cuatro años, se continúa apostando por el empleo de la tecnología láser pulsada, cuya emisión permite ciertas capacidades singulares, frente a la mayoría de desarrollos actuales basados en láseres continuos.

Esta tecnología ya fue puesta en práctica en el primer proyecto español de arma láser, a través de la convocatoria COINCIDENTE: SIGILAR 2018-2022 (Sistema Guiado de Láser Pulsado para Ámbito Militar), liderado

por el centro de investigación láser de referencia en España: CLPU (Centro de Láseres Pulsados Ultracortos) de Salamanca, alcanzando potencias pico superiores a 15 kW y máximas de 40 kW.

El proyecto DIAL supondrá un gran salto en la escalabilidad y mejora del sistema, con requisitos de potencia pico que sobrepasarán los 100 kW, y concluirá en un demostrador tecnológico orientado al desarrollo de un sistema de defensa aérea de muy corto alcance, con esperada capacidad para neutralizar UAVs y municiones merodeadoras en distancias superiores al km. Participarán el CLPU, desarrollando la fuente de radiación láser, Indra Sistemas S. A. y EM&E S. L (Escribano Mechanical and Engineering) en los sistemas de observación, adquisición de blancos y direccionamiento del haz láser, así como otros sistemas auxiliares y el INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial), en la gestión y validación de las pruebas.

Se enunciarán algunos de los aspectos más relevantes sobre las armas de energía dirigida en general y en especial las armas láser, así como los avances y estado de los desarrollos contemporáneos, que contextualizan a este proyecto.

## Palabras clave

Arma, Dirigida, Energía, Láser, DIAL.





DESEi+d 2024-61

## Modelado por elementos finitos del comportamiento de un EFP, utilizando PG-3 como explosivo

**Alierta, Jesús<sup>1\*</sup>; Martínez, Luis<sup>2</sup>; Borau, Carlos<sup>1</sup>; Pérez, Jesús<sup>2</sup>; Ayllón, Félix<sup>1</sup>; Gil, Iván<sup>2</sup>; Navarro, Elvira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa Zaragoza (CUD Zaragoza). Carretera Huesca, s/n, 50090. Zaragoza. Correo electrónico: informacioncud@unizar.es

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA – Campus La Marañosa). Carretera M-301, km 10.500, 28330. San Martín de la Vega, Madrid. Correo electrónico: sdgsister@inta.es

\* Autor principal. Correo electrónico: jalinic@unizar.es

### Resumen

Este estudio aborda la validación de un modelo de elementos finitos desarrollado para estudiar el comportamiento del explosivo PG-3 como componente de un Proyectoil Formado con Explosivos (EFP). Se emplearon métodos de optimización bayesianos para ajustar los parámetros de la detonación del explosivo, alineando las velocidades simuladas del proyectil con las observadas en ensayos experimentales. Estos últimos se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), donde se monitorizó el vuelo del proyectil mediante cámaras de alta velocidad. La validación del modelo muestra una alta correlación con los datos experimentales, permitiendo no solo confirmar su precisión,

sino también extender su uso para predecir las velocidades de proyectiles bajo diversas configuraciones geométricas. Este avance posibilita la utilización del modelo en la predicción de las amenazas originadas por los diferentes tipos de EFP, ofreciendo así una herramienta útil para el diseño y la evaluación de blindajes en contextos de defensa.

### **Palabras clave**

Blindaje, Elementos finitos, EFP, PG-3, Simulación.



DESEi+d 2024-67

## Perfilometría láser en cañones de artillería: análisis y estimación de vida útil para desarrollar un estimador de mantenimiento

**Alonso, Marta<sup>1\*</sup>; Aparicio, Jesús<sup>2</sup>; Díaz, Martín<sup>3</sup>; Yenes, José  
Ignacio<sup>4</sup>; Vega, Carlos Jesús<sup>5</sup>; Cantero, Antonio<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Av. de la Universidad, n.º 30. 28911. Leganés, Madrid. Correo electrónico: 100406441@alumnos.uc3m.es

<sup>2</sup> Centro de Pruebas y Validación del ET (CEPRUVAL). Av. RTVE, n.º 6. Prado del Rey. 28223. Madrid. Correo electrónico: japaoli@et.mde.es

<sup>3</sup> Escuela Politécnica Superior del ET (ESPOL). Calle Joaquín Costa, n.º 6, 28002. Madrid. Correo electrónico: mdiacu1@et.mde.es

<sup>4</sup> Escuela Politécnica Superior del ET (ESPOL). Calle Joaquín Costa, n.º 6, 28002. Madrid. Correo electrónico: jyengal@et.mde.es

<sup>5</sup> Escuela Politécnica Superior del ET (ESPOL). Calle Joaquín Costa, n.º 6, 28002. Madrid. Correo electrónico: cvegver@oc.mde.es

<sup>6</sup> Escuela Politécnica Superior del ET (ESPOL). Calle Joaquín Costa, n.º 6, 28002. Madrid. Correo electrónico: acanobr@oc.mde.es

\* Autor principal. Correo electrónico: 100406441@alumnos.uc3m.es

### Resumen

El objetivo de este trabajo es investigar y comprender las implicaciones del desgaste en cañones de artillería y desarrollar un estimador de vida útil. Este análisis se basa en los fenómenos fisicoquímicos desencadena-

dos por el disparo y evalúa de las relaciones entre el desgaste, las prestaciones balísticas y la seguridad. La detección y monitorización de estos daños es crucial para prevenir pérdidas significativas de prestaciones balísticas y mitigar los riesgos de posibles fallos catastróficos.

En este estudio, se analiza el estado actual de las inspecciones de tubos de artillería y se presentan casos reales de inspecciones, aplicando técnicas láser perfilométricas. Se han utilizado métodos predictivos basados en la relación entre el desgaste, el número de disparos y la vida útil restante. En un ámbito más amplio, se explora la posibilidad de utilizar algoritmos de visión por computadora y redes neuronales para clasificar imágenes de perfilometría láser del interior de los cañones, con el propósito de enriquecer la evaluación del desgaste. Dichos métodos buscan formular estimaciones eficaces de la vida útil remanente de los tubos de artillería, proporcionando así una contribución valiosa a la seguridad y rendimiento de estos componentes críticos.

## Palabras clave

Artillería, Estimador, *Machine learning*, Perfilometría láser, Vida útil remanente.



DESEi+d 2024-96

## **Diseño de un nuevo sistema de arma reutilizable lanzada desde hombro, polivalente de alcance extendido**

**López Laborda, Alfonso<sup>1\*</sup>; Ciria Juan, Luis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> INSTALAZA S. A. calle Monreal, n.º 27, 50002. Zaragoza. Correo electrónico: alopezlaborda@instalaza.es

<sup>2</sup> INSTALAZA S. A. calle Monreal, n.º 27, 50002. Zaragoza. Correo electrónico: luis.ciria@instalaza.es

\* Autor principal. Correo electrónico: alopezlaborda@instalaza.es

### **Resumen**

La nueva situación de conflicto internacional ha impulsado una revisión de las necesidades operacionales en lo relativo a sistemas de armas. Los sistemas lanzados desde hombro no han sido ajenos a la nueva realidad operacional en los nuevos escenarios de conflicto.

La necesidad de algunas unidades operacionales de contar con sistemas de armas capaces de adaptarse a entornos cambiantes en el transcurso de una misión, con capacidad de transportar la mayor cantidad posible de munición, tanto en cantidad como en variedad, unido a la necesidad de contar con sistemas de arma de mayor alcance, crean la reclamo de desarrollar un nuevo sistema reutilizable como complementario a los existen-

tes, muy ligeros y fiables sistemas desechables que las Fuerzas Armadas (FAS) españolas tienen actualmente en dotación.

El desarrollo de este nuevo sistema de arma reutilizable lanzada desde hombro se engloba parcialmente dentro del proyecto *European Defence Fund (EDF) 2021 “SHOLFEA - Shoulder Launched Family for European Armies”*, que aborda el desarrollo de una nueva familia de sistemas lanzados desde hombro, respondiendo a requisitos comunes de usuarios de España, Italia y Eslovenia, profundizando en el concepto de familia de sistemas, incidiendo en sinergias entre sistemas de arma a nivel de operación, dispositivos optrónicos y medios de entrenamiento, combinando sistemas reutilizables, desechables y municiones guiadas.

### Palabras clave

Alcance, Optrónica, Polivalente, Reutilizable, SHOLFEA.

## Efecto de la carga de partículas sólidas en las propiedades viscoelásticas de elastómeros de HTPB en propulsantes sólidos composite.

**Chimeno Saavedra, David<sup>1, 2\*</sup>; López Sánchez, Raúl<sup>1, 2</sup>;  
Rodríguez Pérez, Jesús<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). La Marañosa, 28330. San Martín de la Vega, Madrid. Correos electrónicos: dchisaa@inta.es, lopezsr@inta.es

<sup>2</sup> Universidad Rey Juan Carlos (URJC). Tulipán, s/n, 28933. Móstoles, Madrid. Correo electrónico: jesus.rodriguez.perez@urjc.es.

\* Autor principal.

### Resumen

Este artículo explora el complejo comportamiento viscoelástico de elastómeros altamente cargados, como es el caso de los propulsantes sólidos de tipo composite, e investiga cómo, mediante el análisis termomecánico dinámico (DTMA) cambia el factor de pérdida ( $\tan \delta$ ) con la temperatura, centrándose sobre todo en la transición  $\beta$ . El estudio de este comportamiento proporciona información sobre las propiedades viscoelásticas y el estado de envejecimiento de los propulsantes. Se evalúa también el efecto del proceso de cargado, proporcionando información sobre la fabricación de los propulsantes sólidos de tipo composite. Se realizan mediciones experimentales como DTMA y compresión uniaxial en tres formulaciones

de fabricación propia, revelando nuevos indicios que sugieren la influencia de las cadenas libres en la viscoelasticidad. En el proceso de cargado del propulsante, el plastificante y el agente de enlazado son los más influyentes en las propiedades viscoelásticas.

Los resultados indican que el plastificante dioctil adipato (DOA), desempeña un papel crucial en la transición  $\beta$  del factor de pérdida, mientras que el agente de enlazado óxido de tris (2-metil-1-aziridinil) fosfina (MAPO) muestra una mejora sustancial en las propiedades mecánicas, aunque no afecta significativamente al factor de pérdida.

### Palabras clave

Carga de elastómeros, Comportamiento viscoelástico, Fabricación propulsante composite.





DESEi+d 2024-140

## **Demostrador de arma de energía dirigida láser para la neutralización de amenazas UAV-RPA's**

**Lera Matellanes, Roberto<sup>1\*</sup>; Rico Hernández, Mauricio<sup>2\*</sup>;  
Roso Franco, Luis<sup>3</sup> y Rodríguez Frías, María Dolores<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Láseres Pulsados (CLPU). Calle Adaja, n.º 8, 37185. Villamayor. Correo electrónico: rlera@clpu.es

<sup>2</sup> Centro de Láseres Pulsados (CLPU). Calle Adaja, n.º 8, 37185. Villamayor. Correo electrónico: mrico@clpu.es

<sup>3</sup> Departamento de Física Aplicada, Universidad de Salamanca (USAL), 37008. Salamanca. Correo electrónico: roso@usal.es

<sup>4</sup> Centro de Láseres Pulsados (CLPU). Calle Adaja, n.º 8, 37185. Villamayor. Universidad de Alcalá (UAH), 28801 Madrid. Correo electrónico: frias@clpu.es

\* Autores principales y responsables del trabajo. Correo electrónico: rlera@clpu.es (RLM), mrico@clpu.es (MRH).

### **Resumen**

Dentro del programa COINCIDENTE 2019 se elaboró el primer demostrador español de arma de energía dirigida láser (HEL) con el código SIGILAR [1], siendo el objetivo desarrollar un sistema capaz de derribar drones y proteger instalaciones civiles o militares sensibles. El responsable de este diseño es el Centro de Láseres Pulsados (CLPU), una ICTS

que está involucrada también en diversos proyectos de defensa nacionales (DIAL) y europeos (EDF) relacionados con el uso del láser.

La particularidad de este demostrador reside en su sistema de operación que se trata de un láser pulsado para demostrar la viabilidad de esta tecnología. Se han realizado evaluaciones y demostraciones de daños a materiales típicos en la construcción de sistemas de armas y UAV a distancias operativas medias en pruebas de campo con los más de 35 kW de potencia láser desarrollados. Además, dicho demostrador cuenta con un sistema de direccionamiento con elevación y posibilidad de giro en 360° motorizados.

### **Palabras clave**

Armas de energía dirigida, HEL, Láseres de alta potencia, Drones, Interacción láser-materia.

## Fabricación aditiva de micromotores (MDB: primeros pasos (previos al entrecruzamiento))

López, Raúl<sup>1,2\*</sup>; Chimenó, David<sup>1</sup>; Salazar, Alicia<sup>2,3</sup>;  
Rodríguez, Jesús<sup>2,3</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), camp. La Marañosa. Carretera M301, km 10.5, 28330. San Martín de la Vega. Correos electrónicos: lopezsr@inta.es, dchisaa@inta.es.

<sup>2</sup> Universidad Rey Juan Carlos (URJC), departamento de Ingeniería Mecánica. Calle Tulipán, s/n, 28933. Móstoles. Correos electrónicos: alicia.salazar@urjc.es, jesus.rodriguez.perez@urjc.es.

<sup>3</sup> Instituto de Tecnologías para la Sostenibilidad. URJC.

\* Autor principal.

### Resumen

Los propulsores CMDB (*composite modified double base*) constituyen una familia intermedia entre los propulsores de base nitrocelulósica y los *composites*. La fabricación clásica de estos propulsores se suele realizar por extrusión, implicando el uso de equipamiento (ejemplo, grandes prensas hidráulicas) de coste inasumible en pequeñas tiradas de fabricación. Por el contrario, la fabricación aditiva de CMDB puede realizarse a pequeña escala, para pequeños diámetros de motor, de forma relativamente sencilla en laboratorio, permitiendo una exploración de diferentes configuraciones (físicas y químicas) antes de recurrir a la fabricación a gran escala en planta industrial.

En el presente documento se muestran los primeros pasos de la fabricación aditiva, mediante laminación y moldeo, permitiendo el regraneado de pequeños cohetes nitrocelulósicos, con cargas de perclorato amónico y aluminio micronizado. La aplicación práctica de este trabajo busca avanzar en el conocimiento de la fabricación aditiva y el estudio de las propiedades físicas y químicas, además de intentar armar drones. A lo largo del documento se describen los procesos de fabricación y, al final, se presentan resultados muy prometedores sobre la viabilidad de la fabricación aditiva en cohetería de pequeño diámetro.

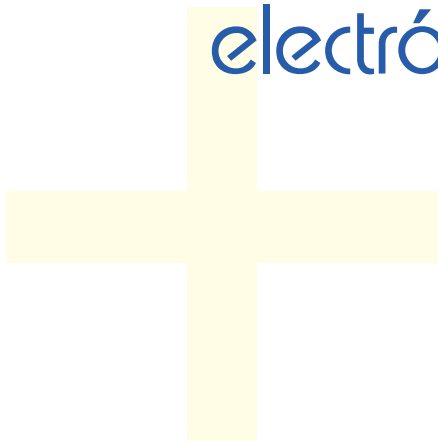
### Palabras clave

CMDB, Cohetes, Fabricación aditiva, Propulsantes, Nitrocelulosa.

DESE

## Área 2

Sensores y sistemas  
electrónicos







DESEi+d 2024-64

## Hacia un uso más eficiente de sensores de fibra óptica en redes de Bragg (FBGS) en la monitorización estructural

**González-Gallego, Manuel<sup>1, 2\*</sup>; Terroba, Félix<sup>1</sup>; Martínez-Vicente, Juan Luis<sup>2</sup>; López-Cela, Juan José<sup>2</sup> y Frövel, Malte<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA), ICTS-CEHIPAR. Carretera de la sierra, s/n, 28048. Madrid.

<sup>2</sup> Universidad de Castilla. La Mancha (UCLM), ETS de Ingeniería Industrial. Calle Camilo José Cela, s/n, 13071. Ciudad Real.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA). Carretera de Ajalvir, km 4, 28850. Torrejón de Ardoz, Madrid.

\* Autor principal. Correo electrónico: gonzalezgm@inta.es

### Resumen

Este estudio de investigación está basado en la caracterización del comportamiento de sensores de fibra óptica en redes de Bragg, (conocidos por sus siglas en inglés, FBGS) con diferentes recubrimientos; cuya tecnología es usada en la industria aeroespacial y naval, entre otros, para monitorización estructural. Dicho estudio permite optimizar la respuesta de los sensores afectados por la presencia simultánea de deformaciones multidireccionales. A partir de los ensayos realizados, se ha observado la influencia de la deformación transversal ( $\epsilon_y$ ), cuando se aplica una de-

formación longitudinal constante ( $\epsilon_x$ ), siendo la dirección x la dirección de la fibra óptica. Para ello, se ha desarrollado una metodología experimental basada en un plan de ensayos biaxiales en probetas cruciformes de material compuesto reforzado con fibra de carbono, con sensores tipo FBGS con recubrimientos de poliimida, acrílico y ORMOCER®. Estos sensores se han embebido en la capa de simetría de la probeta, y uno de ellos con recubrimiento de ORMOCER® ha sido adherido en la superficie exterior, en la zona central de la misma. Como referencia teórica, se ha aplicado la Teoría Strain-Optic, haciendo una comparación de los valores experimentales obtenidos con los diferentes recubrimientos ensayados. Por último, se ha definido el factor K (sensibilidad a la deformación) para cada tipo de recubrimiento.

### Palabras clave

Deformaciones transversales, FBGS, Materiales compuestos, SHM.





DESEi+d 2024-65

## Metamateriales y su aplicación óptica en Defensa

**Tormo-Márquez, Victoria\***; Chao Ortiz, Jorge

Indra Sistemas, S. A., calle de Francisca Delgado, n.º 9, 28140. Alcobendas

\* Autor principal. Correo electrónico: vtormo@indra.es

### Resumen

Los metamateriales y las metasuperficies han demostrado tener un alto potencial en diversas aplicaciones debido a sus propiedades únicas en el control de la propagación de las ondas electromagnéticas. Las metalentes, por su lado, permiten la miniaturización de elementos ópticos comunes o combinación de varios elementos tradicionales en uno solo.

En este trabajo se presentan distintos casos que pueden resultar interesantes en el campo de la defensa, permitiendo mejorar conceptos como la baja observabilidad, o procesos como la integración de sistemas o comunicaciones ópticas y, en especial, las que emplean láser.

### Palabras clave

Infrarrojo, Metamateriales, Metalentes, Metasuperficies, Radar.





DESEi+d 2024-72

## Técnicas de *Few-Shot Learning* para la clasificación de buques militares con imágenes satelitales

**Varela González, Javier<sup>1\*</sup>; Naranjo Martínez, Manuel<sup>1\*</sup>; Ciruelo Sanz, Luis<sup>1</sup>; Díez Benito, Enrique<sup>1</sup>; Rodríguez Robles, Francisco<sup>1</sup>; Chaparro Parra, Víctor<sup>1</sup>; Gómez-Espinosa Martín, Roberto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> HI Iberia Ingeniería y Proyectos (HIB). Calle de Juan Hurtado de Mendoza, n.º 14, 28036. Madrid.  
Correo electrónico: robertogemartin@hi-iberia.es

\* Autores principales. Correos electrónicos: jvarela@hi-iberia.es, mnaranjo@hi-iberia.es

### Resumen

Conocer información sobre la posición y trayectoria de las flotas enemigas supone una enorme ventaja táctica. No obstante, los barcos militares están exentos de publicar sus datos a través de sistemas como AIS, por lo que se buscan métodos para su detección y clasificación a través de imágenes satelitales.

En el proyecto SEDA se incluye una funcionalidad de clasificación de buques militares según la clase a la que pertenecen. Además, se ofrece la posibilidad de clasificar buques menos comunes y que no encajen con ninguna de las clases predefinidas en el modelo base. Esto se realiza con

un modelo de *Few-Shot Learning* (FSL), un método de aprendizaje profundo para clasificar elementos con pocas imágenes de referencia. Con el fin de mejorar el modelo actualmente implementado se investiga el estado del arte para actualizarlo, utilizando las últimas técnicas de FSL que se encuentran en la literatura.

En este artículo se exploran enfoques de FSL del estado del arte para actualizar y mejorar el caso de uso de SEDA, útiles en situaciones donde la disponibilidad de datos de entrenamiento es limitada. Se analizarán además diferentes *datasets* que contienen imágenes ópticas multiespectrales y que puedan ser útiles para la implementación del algoritmo.

### Palabras clave

Clasificación de buques militares, *Few-Shot Learning*, Imágenes satelitales, Redes convolucionales, *Satellite Data AI* (SEDA), Teledetección.



DESEi+d 2024-73

## Extracción automática de infraestructuras y elementos cartográficos mediante IA aplicada a imágenes aéreas

**Rodríguez Robles, Francisco<sup>1\*</sup>; Díez Benito, Enrique<sup>1\*</sup>; Naranjo Martínez, Manuel<sup>1</sup>; Ciruelo Sanz, Luis<sup>1</sup>; Chaparro Parra, Víctor<sup>1</sup>; Gómez-Espinosa Martín, Roberto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> HI Iberia Ingeniería y Proyectos (HIB). Calle de Juan Hurtado de Mendoza, n.º 14, 28036. Madrid. Correo electrónico: robertogemartin@hi-iberia.es

\* Autores principales. Correos electrónicos: frrobles@hi-iberia.es, ediez@hi-iberia.es

### Resumen

El reciente desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) y aprendizaje profundo (*Deep Learning*, DL) establecen una nueva forma de procesar los datos de monitorización terrestre. El interés del Ejército de Tierra (ET) por incorporar los últimos avances en sus tareas de estudio y análisis de los distintos tipos de terreno y su uso (*Land Use and Land Cover*, LULC) para mejorar la planificación estratégica llevan a la definición de la «Identificación y extracción automática de infraestructuras y elemen-

tos cartográficos tanto naturales como artificiales» como un caso de uso a resolver en el proyecto MADS, evolución de SEDA, una plataforma de inteligencia geoespacial diseñada para satisfacer las necesidades de Defensa empleando IA.

En este artículo se presenta el estudio y resolución de dicho caso de uso, con el entrenamiento e integración de tres modelos para el análisis de LULC, detección de edificios y de carreteras a partir de imágenes aéreas y satelitales. Se presentan los distintos enfoques basados en redes convolucionales (*Convolutional Neural Networks*, CNN) que permiten la resolución de estas tareas de manera rápida y efectiva, acelerando una toma de decisiones informada y adecuada a las particulares requeridas por Defensa para la resolución de cada objetivo.

### Palabras clave

Inteligencia Artificial (IA), *Land Use and Land Cover* (LULC), *Satellite Data AI* (SEDA), Teledetección.



DESEi+d 2024-79

## Proyecto CROWN. Resultados finales de un demostrador de Sistema AESA Multifunción

**Martín Fernández, Juan Carlos<sup>1\*</sup>; Cubillo García, Álvaro<sup>1</sup>; Correcher Soriano, José<sup>1</sup>; Galán de la Haba, José Luis<sup>1</sup>; Brandfass, Michael<sup>2</sup>; Rauscher, Juergen<sup>2</sup>; Marquardt, Pascal<sup>3</sup>; Durst, Sebastian<sup>3</sup>; Sakalas, Mantas<sup>4</sup>; Brouard, Philippe<sup>5</sup>; Martel, Cédric<sup>5</sup>; Nanni, Antonio<sup>6</sup>; Bartocci, Marco<sup>7</sup>; Dupuy, Jean Yves<sup>8</sup>; Le Roy-Naneix, Isabelle<sup>8</sup>; Thorsell, Mattias<sup>9</sup>; Boman, Tomas<sup>10</sup>; van Dijk, Raymond<sup>11</sup>**

<sup>1</sup> Indra Sistemas. Madrid, España. Correo electrónico: [indra@indracompany.com](mailto:indra@indracompany.com)

<sup>2</sup> Hensoldt Sensors. Ulm, Alemania. Correo electrónico: [michael.brandfass@hensoldt.net](mailto:michael.brandfass@hensoldt.net)

<sup>3</sup> Fraunhofer Institute for High Frequency Physics and Radar Techniques (FHR). Wachtberg, Alemania. Correo electrónico: [pascal.marquardt@fhr.fraunhofer.de](mailto:pascal.marquardt@fhr.fraunhofer.de)

<sup>4</sup> Baltic Institute of Advanced Technology (BPTI). Vilna, Lituania. Correo electrónico: [mantas.sakalas@bpti.eu](mailto:mantas.sakalas@bpti.eu)

<sup>5</sup> ONERA. París, Francia. Correo electrónico: [philippe.brouard@onera.fr](mailto:philippe.brouard@onera.fr)

<sup>6</sup> Leonardo. Roma, Italia. Correo electrónico: [antonio.nanni@leonardo.com](mailto:antonio.nanni@leonardo.com)

<sup>7</sup> Elettronica S.p.A. Roma, Italia. Correo electrónico: [marco.bartocci@elt.it](mailto:marco.bartocci@elt.it)

<sup>8</sup> Thales DMS. París, Francia. Correo electrónico: [jean-yves.dupuy@fr.thalesgroup.com](mailto:jean-yves.dupuy@fr.thalesgroup.com)

<sup>9</sup> Saab. Gotemburgo, Suecia. Correo electrónico: [mattias.thorsell@saabgroup.com](mailto:mattias.thorsell@saabgroup.com)

<sup>10</sup> Totalförsvarets Forskningsinstitut (FOI). Linköping, Suecia. Correo electrónico: [tomas.boman@foi.se](mailto:tomas.boman@foi.se)

<sup>11</sup> TNO. La Haya, Países Bajos. Correo electrónico: [raymond.vandijk@tno.nl](mailto:raymond.vandijk@tno.nl)

\* Autor principal. Correo electrónico: [jcmfernandez@indra.es](mailto:jcmfernandez@indra.es).

## Resumen

En el proyecto CROWN (*European active electronically scanned array with Combined Radar, Electronic Warfare (EW) and Communications (COMMs) functions for military applications*), se ha diseñado, simulado, fabricado y probado un sistema multifunción de ultra ancho de banda (UWB) a pequeña escala, basado en la arquitectura digital AESA con capacidad de operar desde 2 GHz hasta 18 GHz.

A nivel de sistema, se ha abordado el estudio, simulación, fabricación y prueba de (1) antenas de banda ancha WB, (2) conformación digital avanzada de haces de banda ancha (DBF) implementada en nuevos dispositivos (RFSocS), (3) gestión de recursos (RSM) para mejora de la interoperabilidad y (4) módulos Tx/Rx (TRM) para el demostrador de laboratorio.

A nivel de componente, se han diseñado, simulado, fabricado y probado componentes RF críticos para bandas anchas, RF de alta potencia y TRMs sintonizables.

## Palabras clave

AESA, Concurrencia, *Electronic warfare*, *digital beamforming*, Radar, Multifunción.





DESEi+d 2024-94

## Uso de cámaras termográficas de bajo coste para el estudio de la transmitancia térmica de la envolvente del CUD-ENM

**Garrido González, Iván<sup>1\*</sup>; Álvarez Feijoo, Miguel Ángel<sup>1</sup>; Alfonsín Pérez, Víctor Ángel<sup>1</sup>; Feijoo Conde, Jorge<sup>1</sup>; Pérez Rial, Leticia<sup>1</sup>; Maceiras Castro, Rocío<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa, Escuela Naval Militar, CUD-ENM. Plaza de España, s/n, 36920. Marín. Correos electrónicos: ivgarrido@ cud.uvigo.es (I.G.G.), alvarezfeijoo@ cud.uvigo.es (M.A.A.F.), valfonsin@ cud.uvigo.es (V.A.A.P.), jfeijoo@ cud.uvigo.es (J.F.C.), leticia@ cud.uvigo.es (L.P.R.), rmaceiras@ cud.uvigo.es (R.M.C.).

\* Autor principal. Correo electrónico: ivgarrido@ cud.uvigo.es (I.G.G.).

### Resumen

Existen varios métodos para el estudio y análisis de la transmitancia térmica, conocido el término a nivel internacional como *U-value*, de la envolvente de los edificios, como son el medidor de flujo de calor y la termografía infrarroja. En este trabajo, se ha estudiado la envolvente del Centro Universitario de la Defensa de la Escuela Naval Militar, CUD-ENM. Concretamente, se ha analizado la planta baja del edificio, tanto en la cara norte en uno de los despachos de los docentes, Despacho 103, como en la sur, en uno de los seminarios disponibles, Seminario 2. Para ello, se ha utilizado un método basado en el cálculo del *U-value* de las

paredes, en el que se emplea termografía infrarroja, usando dos cámaras termográficas de distintas gamas, una de ellas de bajo coste, y otra de alta gama. De este modo, se estudia la limitación de la primera frente a la segunda cámara a cambio de un menor coste de adquisición del equipo, siendo este punto la mayor de las aportaciones de este trabajo y novedoso dentro del estado del arte.

Las diferencias presentadas entre las dos cámaras termográficas utilizadas se encuentran en la exactitud de la toma de la temperatura de las zonas estudiadas. Sin embargo, con ambas se llega a la misma conclusión con respecto al estado de la envolvente. Se ha comprobado el deterioro presentado de las fachadas del Despacho 103 y del Seminario 2 debido al paso de los años, en una ubicación con unas condiciones meteorológicas que inciden negativamente en ellas. Se ha observado que la cara norte se encuentra en peor estado que la cara sur debido sobre todo a su exposición directa a la ría de Pontevedra.

### Palabras clave

Cámara de bajo coste, Eficiencia energética, Envolvente, Termografía infrarroja, Transmitancia térmica, *U-value*.



DESEi+d 2024-109

## Krystalia: inteligencia artificial para el desarrollo de cátodos de alto rendimiento en baterías de ion-litio

**Abenza, Eduardo<sup>1\*</sup>; Alonso, César<sup>1</sup>; Stremtan, Beniamin Adrian<sup>1</sup>; Gómez-Espinosa, Roberto<sup>1</sup>; Caja, Borja<sup>2</sup>; Fonseca, Joao<sup>3</sup>; Dávila, María Eugenia<sup>2</sup>; Amarilla, José Manuel<sup>2</sup>; Asensio, María Carmen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Hi Iberia (HIB). Calle Juan Hurtado de Mendoza n.º 14, 28036. Madrid. Correo electrónico: robertogemartin@hi-iberia.es

<sup>2</sup> Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM/CSIC). Calle Sor Juana Inés de la Cruz, n.º 3, 28049. Cantoblanco, Madrid. Correo electrónico: mc.asensio@csic.es

<sup>3</sup> Instituto de Ciencia de los Materiales de la Universidad de Valencia (ICMUV). Calle Catedrático José Beltrán n.º 2, 46980. Paterna, Valencia. Correo electrónico: mc.asensio@csic.es

\* Autor principal. Correo electrónico: eabenza@hi-iberia.es

### Resumen

Este trabajo presenta los resultados innovadores obtenidos por HI iberia en la identificación de un nuevo material con un gran potencial para maximizar el rendimiento de las baterías de ion-litio, además de reducir significativamente su coste y su impacto ambiental, dentro del marco del proyecto LiOn-HD. Estos avances, logrados en estrecha colaboración con el prestigioso Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM/

CSIC) y Universidad de Valencia, subrayan el poder transformador de las tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) en la aceleración y optimización del descubrimiento de materiales para aplicaciones específicas. Utilizando vastos conjuntos de datos experimentales y teóricos de materiales, la IA no solo puede consultar y aprender de información existente, sino también generar prototipos de materiales novedosos y predecir sus propiedades con alta precisión antes de su síntesis y caracterización experimental.

En este documento, se discutirán brevemente las metodologías de IA empleadas, que incluyen técnicas avanzadas de *machine learning* como el *deep learning*, la IA generativa y el modelado predictivo. Además, se presentarán los hallazgos más relevantes hasta la fecha, destacando cómo estas herramientas han permitido identificar un material con propiedades superiores a las actuales de cátodos de baterías de ion-litio. El análisis también abarcará las implicaciones futuras y el enorme potencial de estas tecnologías de IA para revolucionar el descubrimiento de materiales en diversos sectores industriales. Los resultados obtenidos en este trabajo abren la puerta a nuevas aplicaciones en el área de Defensa y Seguridad, ya que las mejoras en la capacidad energética de las baterías pueden tener un impacto transformador en las operaciones militares, proporcionando ventajas tácticas y estratégicas significativas.

## Palabras clave

Inteligencia artificial, Baterías de ion-litio, Optimización de materiales, IA predictiva, IA generativa, Almacenamiento energético.



DESEi+d 2024-110

## Clasificación de navíos aplicando redes neuronales artificiales a su firma acústica

**González Del Tánago Landín, Fernando<sup>1</sup>; Ortiz Murillo, Jordi<sup>2\*</sup>; Fernández Martínez, Manuel<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Submarino Narciso Monturiol (S-82). Calle Real, s/n, 30290. Cartagena. Correo electrónico: ftanago@hotmail.com

<sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa, Academia General del Aire, San Javier. Calle Coronel López Peña, s/n 30729, Santiago de La Ribera, Murcia. Correo electrónico: jordi.ortiz@cud.upct.es y manuel.fernandez-martinez@cud.upct.es

\* Autor principal. Correo electrónico: jordi.ortiz@cud.upct.es

### Resumen

La firma acústica de los buques los identifica de forma unívoca. La identificación ha requerido tradicionalmente operadores especializados y experimentados para interpretar las señales de sonar. Este estudio propone un enfoque automatizado, empleando técnicas avanzadas de procesamiento de señales y aprendizaje automático, para la identificación del tipo de buque empleando su firma acústica, asistiendo a los operadores de sonar y aumentando su eficiencia. Los resultados preliminares de nuestra técnica muestran una precisión comparable a la de estudios anteriores y se propone la implementación de la solución en un submarino para su evaluación en un entorno real.

**Palabras clave**

Sonar, Redes Neuronales, IA, Identificación navíos, firma acústica.



DESEi+d 2024-111

## Prototipo experimental ArcSAR embarcado en una plataforma aérea

**Martínez-Cordero, Susan<sup>1\*</sup>; Pérez-Martínez, Félix<sup>1</sup>; Calvo-Gallego, Jaime<sup>2</sup>; Santos-Rancaño, Carlos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Grupo de Microondas y Radar (GMR), departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones (SSR). *Information Processing and Telecommunications Center (IPTC)*. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Av. Complutense n.º 30. Ciudad Universitaria. 28040, Madrid. Correo electrónico: felix.perez.martinez@upm.es

<sup>2</sup> Departamento de Informática y Automática. Escuela Politécnica Superior de Zamora. Campus Viriato. Universidad de Salamanca. Av. Requejo, n.º 33. 49022, Zamora. Correo electrónico: jaime.calvo@usal.es

\* Autor principal. Correo electrónico: susan.martinez.cordero@alumnos.upm.es

### Resumen

En este trabajo se describen la estructura y pruebas experimentales de un prototipo de radar tipo ArcSAR (*Arc-Scanning Synthetic Aperture Radar*), embarcado en un vehículo aéreo no tripulado capaz de detectar y medir la posición con mucha precisión de los blancos de su entorno para localizar y sortear posibles obstáculos. Este prototipo trabaja en bandas milimétricas (24 GHz) y mediante el giro de una antena de pequeño tamaño y peso, lo que permite sintetizar la apertura de una antena de gran diámetro, característica que le posibilita tener una alta resolución acimutal

para la discriminación de blancos muy cercanos entre sí, incluso obtener imágenes [1].

A partir de prototipos ArcSAR anteriores [2], [3], diseñados por el grupo de Microondas y Radar de la ETSIT para su utilización en plataformas terrestres, se han realizado las mejoras necesarias en la reducción de tamaño, disminución de peso y mayor autonomía, para que el prototipo ArcSAR pueda ser embarcado en una plataforma aérea tipo *multicóptero*, aprovechando el movimiento de giro circular en el plano horizontal de estas plataformas para sintetizar una gran apertura de antena.

### Palabras clave

ArcSAR, Ondas milimétricas, Radar CWFM, Radares embarcados, *Sense and avoid*.





DESEi+d 2024-113

## Desafíos y soluciones en la adquisición de imágenes para la detección del tren de aterrizaje en aeronaves militares mediante modelos de *deep learning*

**Latre Campo, Jesús<sup>1\*</sup> Rodríguez Bermúdez, Germán<sup>2</sup>; Bueno Crespo, Andrés<sup>3</sup>; Pereniguez García, Fernando<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Grupo Móvil de Control Aéreo (GRUMOCA), ACAR Tablada, Av. Maestranza aérea, s/n, 41011. Sevilla. Correo electrónico: jlatcam@mde.es

<sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa, Universidad Politécnica de Cartagena (CUD-UPCT). Calle Coronel López Peña, s/n, 30720. San Javier. Correo electrónico: german.rodriguez@cud.upct.es, fernado.pareñiguez@cud.upct.es

<sup>3</sup> Escuela Politécnica Superior. Universidad Católica de Murcia (UCAM). Campus de los Jerónimos, s/n, 30107. Murcia. Correo electrónico: abueno@ucam.edu

\* Autor principal. Correo electrónico: jlatcam@mde.es

### Resumen

El análisis de imágenes mediante técnicas de *Deep Learning* (DL) permite detectar situaciones anómalas o peligrosas en diferentes campos de aplicación. Sin embargo, estos modelos necesitan ser alimentados por una base de datos de imágenes bastante grande. En el ámbito de la aviación militar, esto es un problema bastante común, ya que no se dispone de esta gran cantidad de imágenes para entrenar modelos de DL.

Este trabajo tiene como objetivo mejorar la seguridad en vuelo en el Ejército del Aire y del Espacio, asegurando la correcta configuración del tren de aterrizaje durante el aterrizaje de la aeronave C-101 para evitar incidentes o accidentes que puedan suponer un riesgo importante tanto para la tripulación como para la infraestructura. La falta de imágenes de este avión en esa situación anómala, junto al problema de la detección del tren de aterrizaje, ya que es un objeto pequeño y en una situación real de movimiento, hace que sea un problema difícil de resolver.

Se ofrece como solución el uso de imágenes sintéticas en un entorno similar al real, que permita obtener una base de datos lo suficientemente grande como para trabajar con DL y en la que se ha obtenido una precisión del 99 %. El resultado es un sistema funcional, dotado de capacidad de alerta temprana, ya que es capaz de detectar con antelación la posición del tren de aterrizaje del avión y evitar accidentes. Finalmente, es importante destacar que, aunque este trabajo se encuentra focalizado en la aeronave C-101, esta misma metodología puede hacerse extensible para su aplicación a cualquier aeronave (militar o civil) que se considere oportuno.

## Palabras clave

C-101, *Deep learning*, Seguridad vuelo, Tren de aterrizaje.



DESEi+d 2024-119

## Transformada de Fourier en el tratamiento de las señales de una *e-nose*, para la identificación de sustancias de interés en el ámbito de la seguridad pública y la defensa.

Díez Castellanos, Roberto\*; López Sánchez, Raúl<sup>1</sup>; David Baza Herrero<sup>1</sup>; Vega Alegre, Marisol<sup>2</sup> y Debán Miguel, Luis M.<sup>3</sup>

\* Policía Nacional de España.

<sup>1</sup> INTA Marañosa. Departamento Optoelectrónica y Misilística.

<sup>2</sup> Universidad de Valladolid (UVa). Departamento de Química Analítica.

<sup>3</sup> Universidad de Valladolid (UVa). Departamento de Química Analítica.

### Resumen

El uso de las *e-nose* en el ámbito de la Defensa y la Seguridad pública está altamente presente en la sociedad actual, ya sea con equipos comerciales o mediante estudios científicos.

Para que una *e-nose* pueda considerarse un equipo de *screening* operativo debe contar con una serie de características, como son la portabilidad y el bajo consumo de energía, siempre sin disminuir sus capacidades analíticas de identificación de compuestos mediante la detección de sus gases

y vapores. En este sentido, hasta ahora, las mejoras en la capacidad identificación de compuestos se fundamentaba en la implementación de un elevado número de sensores diferenciales.

En el presente documento, se presentan los trabajos realizados en el tratamiento de las señales de una *e-nose* mediante la técnica de la Transformada Rápida de Fourier (FFT). Con esta técnica matemática se pretende incrementar y mejorar los datos para la identificación de compuestos, con la finalidad de explorar nuevos campos de tratamiento de datos que permitan reducir el número de sensores del *array*, bien solo mediante tratamiento matemático de datos o junto con técnicas de análisis más complejas, de las que esta técnica matemática puede extraer numerosos *features* de identificación.

### Palabras clave

*E-nose*, Fourier, *Machine learning*, MOs, *Screening operativo*.



DESEi+d 2024-121

## Sistema de perturbación (*spoofing*) para receptores GPS embarcados

Núñez Ortuño, José María<sup>1\*</sup>; Troncoso Pastoriza, Francisco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM). Plaza de España, s/n, 36920. Marín, Pontevedra. Correo electrónico: [jnunez|ftroncoso]@cud.uvigo.es

\* Autor principal. Correo electrónico: jnunez@cud.uvigo.es

### Resumen

Las pruebas de perturbación y suplantación de señal GNSS realizadas por el CUD-ENM en buques de la Armada y aeronaves del Ejército del Aire han revelado vulnerabilidades en estos sistemas, afectando tanto a equipos de navegación como a otros sistemas no previstos.

El CUD-ENM ha desarrollado LOKI, un sistema capaz de realizar ataques de *jamming* y *spoofing* en múltiples bandas y constelaciones, suplantando posición y tiempo GPS con precisión. Esta herramienta permite evaluar y catalogar la resiliencia de los equipos receptores GPS y sistemas dependientes a bordo de los buques de la Armada. El sistema LOKI ha participado en las maniobras NEMO-22, MARSEC-22/23/24 y MINEX-23/24, creando ambientes GNSS degradados en los que se han realizado ataques efectivos sobre más de quince unidades navales, aeronaves propias y de la coalición.

En esta comunicación se describe la arquitectura *software* y *hardware* del sistema desarrollado, así como sus principales características.

### Palabras clave

EW, Guerra electrónica, GPS, Perturbación, *Spoofing*.

## Sensores acústicos para la protección de infraestructuras marinas críticas

**Rodrigo, F. Javier<sup>1\*</sup>; Robles, Encarnación<sup>2</sup>; Ruíz, Eduardo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Sociedad Anónima de Electrónica Submarina, S., M., E. Carretera de la Algameca, s/n, 30205. Cartagena, España. Correo electrónico: f.rodrigo@electronica-submarina.com

<sup>2</sup> Sociedad Anónima de Electrónica Submarina, S., M., E. Carretera de la Algameca, s/n, 30205. Cartagena, España. Correo electrónico: e.robles@electronica-submarina.com

<sup>3</sup> Sociedad Anónima de Electrónica Submarina, S., M., E. Carretera de la Algameca, s/n, 30205. Cartagena, España. Correo electrónico: e.ruiz@electronica-submarina.com

\* Autor principal. Correo electrónico: f.rodrigo@electronica-submarina.com

### Resumen

En la actualidad, debido a las necesidades, cada vez más crecientes de la especie humana, hay un incremento en la construcción de infraestructuras en entornos marinos, que por su consideración de esenciales para la seguridad, economía, salud pública o bienestar de una nación son consideradas como críticas.

Estas infraestructuras, debido a su clasificación, debe ser protegidas frente a posibles amenazas tanto de superficie como submarinas. En el ámbito submarino, los sensores acústicos son elementos clave para realizar las tareas de detección, seguimiento y clasificación de amenazas, que integrados debidamente en un sistema permiten la protección de una in-

fraestructura frente a diferentes tipos de amenazas. Para ello, es necesario realizar tareas previas como el análisis de la amenaza, estudio físico de la zona y de la propagación acústica en la misma. Los resultados de estos estudios permitirán el diseño adecuado del sistema de protección acústica, empleando sensores pasivos, activos o ambos.

En el presente trabajo se presentan diferentes sensores acústicos, así como el diseño de un sistema de protección contra narcolanchas basado en sensores acústicos pasivos y un sistema de protección del puerto de Cartagena basado en sensores pasivos y activos.

### Palabras clave

*Array* lineal, Infraestructura crítica, Propagación acústica, Sensor acústico, Sonar.





DESEi+d 2024-133

## Aproximación a un array antenas de vigilancia para el uso de señales DRM de oportunidad

**Rosado Sanz, Javier; de la Mata Moya, David Anastasio; Jarabo Amores, María del Pilar; Cortes Benito, María de Cortes; del Rey Maestre, Nerea**

Universidad de Alcalá. Escuela Politécnica Superior. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Alcalá de Henares, Madrid, España. Correos electrónicos: {javier.rosado@uah.es, david.mata@uah.es, mpilar.jarabo@uah.es, nerea.rey@uah.es, cortes.benito}@uah.es

### Resumen

Se propone una primera aproximación al diseño de un sistema de antenas para el canal de vigilancia de un sistema radar pasivo en banda HF (*High-Frequency*). Estas bandas de frecuencia tienen especial interés para la detección temprana a grandes distancias de blancos de interés. Sin embargo, los tamaños físicos de las antenas comerciales en HF presentan grandes restricciones a la hora de diseñar *arraies* capaces de mostrar mejores prestaciones en términos de apuntamiento. Se presenta el análisis de una antena comercial de lazo y de las capacidades de radiación de una agrupación.

Se completa el estudio con los resultados de una campaña de medidas para adquirir señales de oportunidad (señales Digital Radio Mondiale) por onda ionosférica que presentan buenas características para aplicaciones radar.

### Palabras clave

*Array*, Onda inosférica, Radar pasivo.

## Identificación de explosivos caseros mediante nariz electrónica con modelo de respuesta

López S., Raúl<sup>1, 2\*</sup>; Pardo A., Rafael<sup>2</sup>; Debán M., Luis M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), camp. La Marañosa. Carretera M301, km 10.5, 28330. San Martín de la Vega. Correo electrónico: lopezsr@inta.es.

<sup>2</sup> Universidad de Valladolid (UVA), departamento de Química Analítica. Paseo Belén, n.º 7, 47011. Valladolid. Correos electrónicos: rafael.pardo@uva.es, luismariano.deban@uva.es.

\* Autor principal.

### Resumen

Los explosivos caseros, HME, constituyen una de las amenazas terroristas más relevantes para la seguridad nacional y, también, para nuestras tropas desplegadas en zonas de operaciones. La necesaria identificación a distancia de los HME a través de sus vapores, actualmente, no dispone de equipos electrónicos capaces de combinar alta sensibilidad y robustez en entornos cambiante, manteniendo este reto analítico sin solución. En la actualidad, y desde hace décadas, la detección a distancia de HME constituye uno de los pocos escenarios analíticos en los que el detector preferido es una especie centinela (ejemplo, unidades cinológicas).

El presente documento muestra el progreso en el desarrollo de una nariz electrónica, *e-nose*, utilizando parámetros estáticos obtenidos de sensores de óxido metálico, MOx. En particular, se aborda la identificación

del HME triperóxido de triacetona, TATP, en pocos segundos. Desde un planteamiento biomimético y sin contacto con el explosivo sólido, se utilizan los vapores naturalmente emitidos a temperatura ambiente y, con un modelo de respuesta novedoso, aplicado sobre la respuesta de los MOx, se obtienen *features* que facilitan la identificación de métodos quimiométricos de reconocimiento de patrones evitando, de esta forma, recurrir a herramientas de inteligencia artificial, cuyas necesidades de experimentalidad, actualmente, se consideran impracticables.

### Palabras clave

*E-nose*, Explosivos, HME, MOx, Sensores, TATP.

# DESE

## Área 3

Tecnologías comunes a bases e instalaciones, plataformas y combatiente





DESEi+d 2024-4

# **Análisis de riesgos en proyectos de I+D de fabricación aditiva en el sector de la defensa: un enfoque difuso**

**Moreno Cabezalí, Belén María<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Rey Juan Carlos (URJC). P.º de los Artilleros, n.º 38, Vicálvaro, 28032. Madrid.  
Correo electrónico: belenmaria.moreno@urjc.es

\* Autor principal.

## **Resumen**

La Fabricación Aditiva (FA), también conocida como impresión 3D, ha revolucionado diversos sectores industriales, incluido el militar, al permitir la creación de piezas personalizadas y la optimización de procesos de fabricación. Sin embargo, junto con sus ventajas, surgen desafíos asociados, destacados también por la Estrategia de FA del Departamento de Defensa de EE. UU. La gestión eficaz de estos riesgos es crucial para el éxito de los proyectos de I+D de FA.

Para dar respuesta a esta cuestión, en esta investigación se llevó a cabo una investigación exhaustiva para identificar y evaluar los riesgos más críticos en este tipo de proyectos. Se identificaron un total de trece riesgos potencialmente críticos divididos en cuatro categorías: ciberseguridad y propiedad intelectual, lesiones y enfermedades corporales, factores hu-

manos y factores financieros. Se elaboró una encuesta internacional entre académicos y expertos, lo que permitió evaluar la probabilidad de ocurrencia e impacto de cada riesgo en los objetivos de los proyectos. Los resultados revelaron que los riesgos más críticos están relacionados con defectos durante el proceso de fabricación, el diseño defectuoso, la mala comunicación en el equipo del proyecto y la financiación insuficiente. Estos riesgos pueden conducir a sobrecostos, retrasos o incluso al fracaso del proyecto si no se gestionan de manera apropiada.

Por otro lado, se observó que los riesgos relacionados con ciberseguridad y propiedad intelectual, así como factores financieros, tienen una menor relevancia en la gestión de proyectos de I+D de FA. En conclusión, la gestión temprana y eficaz de riesgos es fundamental para reducir la incertidumbre y mejorar la toma de decisiones en proyectos de I+D de FA. Considerar y abordar estos riesgos de manera proactiva aumentará las posibilidades de éxito y permitirá aprovechar al máximo las ventajas que ofrece esta tecnología innovadora.

## Palabras clave

Defensa, Fabricación aditiva, Impresión 3D, Lógica difusa, Proyectos, Riesgos.





DESEi+d 2024-18

## Modelo de optimización no lineal para la obtención de rutas de navegación óptimas de mínimo consumo de combustible

Álvarez-Hernández, María<sup>1</sup>; Cores, Debora<sup>2\*</sup>; Eiras-Barca, Jorge<sup>3</sup>; Mariño-Villar, Rodrigo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa, Escuela Naval Militar, (CUD-ENM). Plaza de España, s/n, 36920 Marín. Pontevedra. Correo electrónico: maria.alvarez@cud.uvigo.es

<sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa, Escuela Naval Militar, (CUD-ENM). Plaza de España, s/n, 36920. Marín, Pontevedra. Correo electrónico: cores@cud.uvigo.es

<sup>3</sup> Centro Universitario de la Defensa, Escuela Naval Militar, (CUD-ENM). Plaza de España, s/n, 36920. Marín, Pontevedra. Correo electrónico: jeiras@cud.uvigo.es

<sup>4</sup> Centro Universitario de la Defensa, Escuela Naval Militar, (CUD-ENM). Plaza de España, s/n, 36920. Marín, Pontevedra. Correo electrónico: rodrigo.mariño@cud.uvigo.es

\* Autor principal. Correo electrónico: cores@cud.uvigo.es

### Resumen

El transporte marítimo mueve más del 90 % de la carga mundial y, por tanto, es uno de los grandes emisores de CO<sub>2</sub>. Por lo que la obtención de rutas de navegación de mínimo consumo de combustible no solo permite reducir costos de navegación, sino que además contribuye a la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> y contaminantes al ambiente.

En este trabajo se modela dicha problemática como un problema de optimización no lineal con restricciones donde el consumo de combustible se aproxima por una fórmula que relaciona el consumo con la velocidad de navegación del buque. Este modelo de optimización minimiza el consumo, considerando una discretización del espacio marítimo por paralelos o meridianos, permitiendo limitar el tiempo de navegación y las velocidades máximas y mínimas de navegación, además de penalizar el consumo en caso de fenómenos ambientales adversos que implican mayor consumo de combustible en alguna región de la trayectoria del buque.

El modelo de optimización propuesto también toma en consideración la presencia de obstáculos como islas, imponiendo restricciones que evitan cruzar dichos obstáculos. Los resultados obtenidos describen las posiciones de latitud y longitud de los puntos en la trayectoria óptima, así como las velocidades y tiempos óptimos. Se presentan resultados que muestran la robustez del modelo matemático.

### Palabras clave

Mínimo consumo, Optimización, Rutas navegación.



DESEi+d 2024-35

# El uso de manuales técnicos electrónicos interactivos para el mantenimiento de los sistemas. El reto del mantenimiento predictivo

Martín Pérez, Lucía Cristina<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España S. A. S.M.E. M.P. (ISDEFE). C. de Beatriz de Bobadilla, n.º 3, 28040. Madrid. Correo electrónico: lcmartin@isdefe.es

\* Autor principal.

## Resumen

La gestión del ciclo de vida de los sistemas busca optimizar su disponibilidad operativa y racionalizar costes. En esta gestión el mantenimiento juega un papel clave y la información para realizarlo correctamente se encuentra en los manuales técnicos de los sistemas.

Los manuales pueden presentarse en diversos formatos. Tradicionalmente se han empleado en formato impreso, pero, por facilidad de consulta, se ha evolucionado hacia el uso del formato digital. En la actualidad la tendencia es la transición hacia el uso generalizado de los manuales técnicos electrónicos interactivos, al permitir visualizar la información de una forma interactiva, actualizada y recopilada en un mismo repositorio, e impulsar la implementación de un mantenimiento predictivo en los sis-

temas. El Ejército de Tierra hoy en día está implementando y empleando dichos manuales para mejorar el apoyo logístico.

### **Palabras clave**

Documentación técnica, MTEI, Mantenimiento, Apoyo logístico.



DESEi+d 2024-46

## Adaptive federated learning basado en blockchain: nuevas fronteras la gestión logística y de arsenales

**Zaera Mata, Sergio<sup>1\*</sup>; Jimeno, Paloma<sup>1</sup>; Castañeda, Pablo<sup>1</sup>; Dorado, Ander<sup>1</sup>; Franco, Jesús<sup>1</sup>; Gómez-Espinosa, Roberto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> HI Iberia (HIB). Calle Juan Hurtado de Mendoza, n.º 14, 28036. Madrid. Correo electrónico: robertogemartin@hi-iberia.es

\* Autor principal. Correo electrónico: szaera@hi-iberia.es

### Resumen

En la actualidad, las operaciones de Defensa y Seguridad requieren de enfoques innovadores y efectivos para la gestión logística y de arsenales. Este trabajo propone un ecosistema basado en el aprendizaje federado (*Federated Learning*, FL), integrado con la tecnología de *Blockchain* (BC) y contratos inteligentes (*Smart Contracts*, SC), dirigido a optimizar la eficiencia operativa y estratégica en el sector de la defensa. La plataforma sugerida capitaliza los avances en internet de las cosas (IoT) para el adiestramiento descentralizado de modelos de IA, lo cual ofrece mejoras sustanciales en la privacidad de datos, la seguridad transaccional y la confiabilidad en la gestión de recursos.

Por medio de la aplicación sinérgica de FL, se garantiza una estrategia colaborativa y una instrucción en modelos autónomos que preservan la privacidad al tiempo que se intensifica la seguridad y la integridad del manejo de información crítica. *Blockchain* proporciona una estructura inmutable para el registro de modelos, así como un mecanismo de auditoría transparente y descentralizado, mientras que los SC aplicados refuerzan la automatización de procesos operacionales y relaciones regulativas. La viabilidad y eficacia de nuestro sistema se demostraron a través del Proyecto GREEN, donde la implementación de estas tecnologías permitió la optimización de estaciones de recarga para vehículos eléctricos (VE) como un caso exitoso en el ámbito urbano. Extendiendo esta metodología al contexto de la Defensa, el concepto Gestión Logística y de Arsenales en el Sector de Seguridad (GLASS) se presenta como un enfoque transformador para la gestión de inventario, ofreciendo una gestión logística mejorada, una precisa determinación de la demanda de recursos y un eficiente sistema de alertas dentro de entornos de seguridad altamente regulados.

## Palabras clave

*Blockchain, Digital twin, Federated learning, Inteligencia artificial, Physics-Informed Neural Networks, Smart Contracts.*



DESEi+d 2024-54

## Transformación digital de las actividades de metrología y calibración del INTA en apoyo a los laboratorios de Defensa

**Benyon Puig, Robert<sup>\*</sup>; Vicente Mussons, Tomás; Díaz Rivas, Angel**

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA). Centro de Metrología y Calibración. Carretera Torrejón-Ajalvir, km 4.5, 28850. Torrejón de Ardoz. Correo electrónico: metrologia.calibracion@inta.es

\* Autor principal. Correo electrónico: benyonpr@inta.es

### Resumen

Se presenta el proyecto de transformación digital de los laboratorios de metrología y calibración del INTA, que implica un cambio de modelo de gestión de los laboratorios, necesario para adaptarse a los nuevos retos tras la integración en INTA [1], del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR), Instituto Tecnológico La Marañosa (ITM) y Laboratorio de Ingenieros del Ejército General Marvá (LABINGE).

Se detallan los ejes sobre los que se fundamenta el proyecto y los cambios organizativos realizados para aunar esfuerzos en la gestión y permitir concentrar todas las actividades de ejecución en materia de metrología y calibración del Instituto.

El objetivo final de este proyecto es hacer una demostración de concepto de un nuevo enfoque, alineado con el estado del arte, que optimiza los procesos aplicables a los laboratorios acreditados para dar apoyo de forma coordinada a las actividades de investigación, desarrollo e innovación, así como de prestación de servicios tecnológicos.

Se desarrolla en un entorno complejo en el que se incorporan las capacidades metrológicas con una amplia y reconocida trayectoria que se integraron en el ITM provenientes de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) [2] y que supusieron de partida numerosas redundancias y duplicidades, con carencias de personal, necesidades importantes de inversiones y una lógica resistencia al cambio.

El proyecto establece una sistemática moderna y sostenible de transformación de modelo de negocio desde una mera prestación de servicios como proveedor de servicios de calibración, a otro modelo flexible basado en soluciones más complejas de ingeniería de medida e innovación que doten a los proyectos del INTA de la trazabilidad metrológica al Sistema Internacional de Unidades (SI) de las medidas que sustentan sus resultados de ensayos e investigación.

## Palabras clave

Transformación digital, Calibración, Ensayos, Acreditación.





DESEi+d 2024-60

## Análisis del comportamiento dinámico de paneles FML frente a ondas de choque

**Rodríguez Millan, Marcos<sup>1, 4</sup>; Pai, Anand<sup>2</sup>; Kini, Chandrakant<sup>2</sup>; Shenoy, Satish<sup>2</sup>; Loya Lorenzo, José Antonio<sup>3, 4\*</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid, Av. de la Universidad, n.º 30, 28911. Leganés, Madrid, España. Correo electrónico: mrmillan@ing.uc3m.es

<sup>2</sup> *Department of Aeronautical and Automobile Engineering, Manipal Institute of Technology, 576104. Manipal, Karnataka, India. Correos electrónicos: anand.pai@manipal.edu, chandra.kini@manipal.edu, satish.shenoy@manipal.edu*

<sup>3</sup> Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Carlos III de Madrid, Av. de la Universidad, n.º 30, 28911. Leganés, Madrid, España.

<sup>4</sup> Centro Universitario de la Guardia Civil, calle Princesa, s/n, 28300. Aranjuez, Madrid, España.

\* Autor principal. Correo electrónico: jloya@ing.uc3m.es

### Resumen

La combinación de láminas de acero y capas de polímero reforzado con fibras de alto rendimiento (FML) se utilizan, cada vez más, en la creación de blindajes balísticos y antiexplosión.

El objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento de FML ante ondas de choque analizando la influencia de la secuencia de apilamiento que brinde la mayor resistencia ante múltiples impactos de onda de choque.

Se han analizado varias configuraciones de FML, combinando capas aluminio AA6061-T6, de aramida/epoxi y de polietileno de peso molecular ultra alto (UHMWPE)/epoxi. Además, se ha considerado la inclusión de una lámina de cartón/epoxi para inducir desajustes de impedancia mecánica entre capas.

Los experimentos se han realizado utilizando un tubo de ondas de choque (*shock-tube*) que utiliza helio como gas conductor. Adicionalmente, se han realizado modelos numéricos que ayuden a analizar la contribución de cada capa. Dichos modelos se han validado con los resultados experimentales obtenidos mediante la comparación de las deformaciones producidas en los laminados. El trabajo muestra que la secuencia de disposición de las capas en el FML tiene un impacto significativo en las deformaciones producidas, en especial en las posiciones de las capas de cartón y UHMWPE dentro de la estructura del núcleo.

### Palabras clave

Elementos de volumen, Laminados FML, *Shock-tube*.



DESEi+d 2024-76

## IMAGINÉ: un asistente al inspector de rayos X basado en inteligencia artificial

**García Pérez, Alberto<sup>1\*</sup>; Pérez Jara, David<sup>2</sup>; Suárez Lado,  
Andrés<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Industria de Turbo Propulsores S. A. (ITP Aero). Francisca Delgado n.º 9, 28108. Alcobendas, Madrid, España. Correo electrónico: alberto.garcia@itpaero.com

<sup>2</sup> Ejército del Aire y del Espacio. Calle Romero Robledo n.º 8, 28008. Madrid. Correo electrónico: dperjar@ea.mde.es

<sup>3</sup> Maestranza de Albacete. Carretera de Las Peñas De San Pedro, km 3.8, 02071. Albacete. Correo electrónico: asualad@mde.es

\* Autor principal. Correo electrónico: alberto.garcia@itpaero.com

### Resumen

El análisis por rayos X industrial es común en la industria aeroespacial donde se necesita garantizar la integridad estructural de algunas partes. La introducción de la radiografía digital en el Ejército del Aire y del Espacio (EAE) ha permitido reducir significativamente los tiempos de adquisición de las imágenes y ha aumentado su calidad. Sin embargo, el análisis de las imágenes radiográficas sigue siendo una tarea minuciosa que lleva al cansancio del inspector, que tiene que revisar cientos de imágenes durante su jornada laboral. Por otra parte, la interpretación de las

imágenes a veces es difícil y puede llevar a que dos expertos no estén de acuerdo en la clasificación de defectos.

El sistema de Reconocimiento Automatizado de Defectos (ADR), basado en inteligencia artificial, presentado aquí, es un asistente avanzado a los inspectores de rayos X de la Maestranza Aérea de Albacete, que ya ha entrado en producción, y ha reducido el tiempo de análisis de las radiografías hasta en un 80 % para las imágenes que se adquieren actualmente en el empenaje vertical del caza F/A-18 y en las alas del caza de entrenamiento avanzado F-5.

En un entorno de falta de personal especializado, el sistema propuesto permite aumentar la productividad de los inspectores, a la vez que también ayudará a reducir la interpretación subjetiva de los defectos, al tiempo que aumenta la fiabilidad del inspector humano.

Nuestro modelo de Red Neuronal Convolutiva (CNN) se ha entrenado con las imágenes disponibles por el EAE y se irá mejorando de forma continua según se vayan adquiriendo más imágenes durante las inspecciones regulares de los aviones caza. El modelo entrenado tiene 470 capas de convolución y casi cien millones de parámetros que se han aprendido durante su entrenamiento.

## Palabras clave

ADR (*Automatic Defect Recognition*), IA (Inteligencia Artificial), END (Ensayos no Destructivos).



DESEi+d 2024-87

## Centro de mecanizado para reparación de daños en zona de operaciones

**Guillomía, Miguel Ángel<sup>1</sup>\*; Cajal, Carlos<sup>1</sup>; Ortego, Abel<sup>1</sup>; Pascual, F. Javier<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa. Academia General Militar (CUD-AGM). Carretera Huesca, s/n, 50090. Zaragoza. Correo electrónico: [informacioncud@unizar.es](mailto:informacioncud@unizar.es)

\* Autor principal. Correo electrónico: [maguillomia@unizar.es](mailto:maguillomia@unizar.es)

### Resumen

Se ha construido un centro de mecanizado móvil para el mantenimiento y reparación del material desplegado en zona de operaciones. El objetivo de este centro de mecanizado surge de la necesidad de reducir la carga logística del territorio nacional hacia la zona de operaciones, permitiendo una reasignación de recursos más eficiente y económica. Dicho centro está construido en un *shelter* NATO tipo 2 y ofrece la capacidad de mecanización mediante fresadora CNC y fabricación aditiva 3D. La fabricación se puede realizar de forma simultánea, pudiendo controlar los procesos local o remotamente. Las comunicaciones con el centro de mecanizado son redundantes, siendo utilizadas para actualización y mantenimiento de la base de datos, inicio y control de la impresión y fabricación.

Mediante la creación de entornos de trabajo colaborativos, a nivel de Ejército, se establece una sinergia centrada en la creación de repuestos.

Se obtiene las capacidades de fabricar repuestos, modificarlos según necesidades, e incluso mejorarlos, para eliminar puntos débiles o adquirir nuevas capacidades operativas.

### **Palabras clave**

Centro de mecanizado, BDR, Fabricación aditiva, Impresión 3D, Mecanizado, Reparación de daños, Tecnologías híbridas, Mantenimiento predictivo, Ingeniería inversa, Diseño y simulación, Post-procesamiento, Calidad.

## Caracterización de CMs de cordierita reforzados con grafeno mediante moldeo por inyección de polvos

**María García-Martínez<sup>1\*</sup>, Javier Hidalgo García<sup>2</sup>, Juan García-Martínez<sup>1</sup>, Raquel Giménez Pérez<sup>2</sup>, Álvaro García Juárez<sup>2</sup>, Marta Hernández Santandreu<sup>1</sup>, Cristina Berges Serrano<sup>2</sup>, Ingrid Esguerra Arce<sup>1</sup>, Gemma Herranz Sánchez-Cosgalla<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Carretera Ajalvir, km 4.4, 28850. Torrejón de Ardoz (Madrid). Correo electrónico: [garciamam@inta.es](mailto:garciamam@inta.es)

<sup>2</sup> Universidad de Castilla La Mancha (UCLM). DYPAM. ETSII-INEI. Av. Camilo Jose Cela, s/n, 13071.Ciudad Real. Correo electrónico: [gemma.herranz@uclm.es](mailto:gemma.herranz@uclm.es)

\* Autor principal. Correo electrónico: [garciamam@inta.es](mailto:garciamam@inta.es).

### Resumen

En el proyecto AERORECORD-3D se desarrollan nanocompuestos de cerámica técnica mediante moldeo por inyección de polvos (PIM) y fabricación aditiva (FA) para sectores estratégicos como el Aeroespacial y de Defensa. Ambas técnicas requieren pellets inyectables o imprimibles que permiten fabricar componentes con geometrías complejas y alto ren-

dimiento, combinando resistencia al choque térmico con buenas propiedades mecánicas a altas temperaturas, para producciones cortas y largas.

La cerámica de cordierita se eligió como matriz por su capacidad para resistir altas temperaturas sin afectarse por choques térmicos, y se incorpora nanopolvo de óxido de grafeno reducido (rGO) como refuerzo para mejorar sus propiedades mecánicas y funcionales. Se analizan posibles cambios en las propiedades de muestras con grafeno comparadas con muestras de cerámica sin refuerzo, caracterizando las mezclas imprimibles e inyectables, piezas verdes y sinterizadas obtenidas por PIM, mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectrometría de dispersión de energía de rayos X (EDX) y difracción de rayos X (XRD), además de espectroscopía Raman para analizar la presencia y distribución del rGO.

Finalmente, se diseña un prototipo aeroespacial para soporte estructural de elementos ópticos con geometría compleja que podrá producirse mediante impresión o inyección, según sea necesario. Los resultados mostrarán cómo el refuerzo de grafeno afecta las propiedades de los CMC, con aplicaciones potenciales en la industria aeroespacial y de defensa.

## Palabras clave

Caracterización, Cerámicas avanzadas, CMC, Cordierita, Grafeno.



## Fabricación de andamiajes para la proliferación de microalgas y su uso en el tratamiento de las aguas

Devesa-Rey, R.<sup>1\*</sup>; Vecino, X.<sup>2</sup>; Yrayzoz, S.<sup>3</sup>; del Val, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM), Plaza de España, s/n, 36920 Marín, España.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Industrial. CINTECX, Universidad de Vigo, Campus As Lagoas-Marcosende, 36310. Vigo, España.

<sup>3</sup> A.F., Ministerio de Defensa, Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM), Plaza de España, s/n, 36920. Marín, España.

\* Autor principal. Correo electrónico: rosa.devesa.rey@cud.uvigo.es

### Resumen

Este estudio propone el uso de la fabricación aditiva en la elaboración de andamiajes que sirvan como soporte para el crecimiento de microalgas en aguas ricas en fosfatos, explorando condiciones experimentales que permitan optimizar el proceso de biorremediación.

El trabajo se centra en la influencia de diferentes geometrías y materiales, en la eficiencia de la eliminación de fosfatos, dando énfasis a la importancia de la personalización y la complejidad de las estructuras creadas por medio de esta tecnología. Con este objetivo se diseñaron ocho estructuras, de diferentes geometrías, a las que se incorporaron cantidades

variables de una microalga comercial, con un límite superior del 2 %. La eficacia de las estructuras en el tratamiento de aguas se realizó estudiando la adsorción de fosfato (10 mg/l) y comprobando la relación con la geometría y/o la concentración de microalga presente. Los resultados permitieron comprobar que se obtiene hasta un 80,5 % de eliminación del fosfato en las estructuras con mayor porcentaje de microalga.

Los resultados obtenidos presentan gran relevancia desde el punto de vista de la disponibilidad de recursos y acceso a tecnologías de tratamiento de aguas. El impacto ambiental de la contaminación del agua afecta ecosistemas acuáticos y a la biodiversidad, lo que puede repercutir directamente en la alteración de los recursos naturales y la responsabilidad ambiental.

### Palabras clave

Eutrofización, Fabricación aditiva, Fosfatos, Microalgas.

## Dopaje de una hidrotalita de Mg/Al con surfactantes para el tratamiento de aguas

Vecino, X.<sup>1</sup>; Pozueco, J.<sup>2</sup>; Gonzalez-Gil, L.<sup>3</sup>; Urréjola, S.<sup>3</sup>;  
Devesa-Rey, R.<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Industrial. CINTECX, Universidad de Vigo, Campus As Lagoas-Marcosende, 36310. Vigo, España.

<sup>2</sup> A.F., Ministerio de Defensa, Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM), Plaza de España, s/n, 36920. Marín, España.

<sup>3</sup> Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM), Plaza de España, s/n, 36920. Marín, España.

\* Autor principal. Correo electrónico: rosa.devesa.rey@tud.uvigo.es

### Resumen

En este trabajo se investigó sobre la síntesis de adsorbentes de hidróxidos dobles laminares tipo Mg/Al y el efecto de la incorporación de surfactantes en el espacio interlamilar, lo cual podría incrementar la capacidad de las nanoarcillas para tratar diversos compuestos contaminantes. Específicamente, se investigó el impacto del dodecilsulfato sódico (SDS), un surfactante aniónico, así como de dos surfactantes adicionales: polioxietileno (20) sorbitano (Tween 20), un surfactante no iónico, y bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB), un surfactante catiónico.

En el estudio se estudió el efecto sobre la retención de fosfatos y el naranja de metilo. Se evaluó el efecto de introducir los surfactantes durante la formación de los hidróxidos dobles o adicionarlos a la estructura finalizada, dependiendo del tamaño del surfactante y del poro generado. Los resultados proporcionan información sobre la funcionalización de estructuras tipo arcilla, su eficacia en la retención de contaminantes en aguas y su posible implementación en sistemas de tratamiento convencionales.

### Palabras clave

Hidrotalcita, Surfactante, Contaminación, Fosfatos, Recuperación.



DESEi+d 2024-145

## Aplicaciones de las técnicas de etiquetado débil en el mantenimiento militar

**Martínez Heredia, Antonio M.<sup>1, 2\*</sup>; Ochando Terreros, Francisco J.<sup>2</sup>; Ventura, Sebastián<sup>4</sup>**

- <sup>1</sup> Instituto Andaluz de Ciencia de Datos e Inteligencia Computacional (DaSCI). Universidad de Córdoba, 14071. Córdoba. Correo electrónico: z12mahea@uco.es
  - <sup>2</sup> Dirección de Investigación, Doctrina, Orgánica y Materiales. Acuartelamiento La Merced. Acera de San Ildefonso, s/n, 18010. Granada. Correo electrónico: amarh19@et.mde.es
  - <sup>3</sup> Centro de Tecnologías emergentes (CTEET-JCISAT). Av. Radiotelevisión, s/n, 28223. Pozuelo de Alarcón. Correo electrónico: fochter@oc.mde.es
  - <sup>4</sup> Instituto Andaluz de Ciencia de Datos e Inteligencia Computacional (DaSCI). Universidad de Córdoba, 14071. Córdoba. Correo electrónico: sventura@uco.es
- \* Autor principal. Correo electrónico: amarh19@et.mde.es

### Resumen

Este estudio tiene como objetivo explorar las posibilidades de la supervisión débil aplicadas al mantenimiento en el ámbito militar, implementando las propuestas de la industria 4.0 y 5.0. Nos centramos en la monitorización de variables, su etiquetado y el desarrollo de modelos mediante técnicas de aprendizaje supervisado débil, de acuerdo con los tres tipos de supervisión descritos en la literatura: incompleta, inexacta e imprecisa.

El éxito de estas técnicas está estrechamente vinculado tanto a la calidad de los datos recopilados como a los algoritmos utilizados.

### **Palabras clave**

Aprendizaje supervisado débil, Datos no etiquetados, Mantenimiento predictivo, Aprendizaje activo, Aprendizaje semisupervisado.

## Fabricación de fibras micrométricas con propiedades avanzadas

**López Ferrer, Javier<sup>1</sup>; del Val Garcia, Jesús<sup>2\*</sup>; Devesa Rey, Rosa<sup>2</sup>; Feijoo Conde, Jorge<sup>2</sup>; Suárez Garcia, Andrés<sup>2</sup>; Soto Maceiras, Fernando<sup>3</sup>**

- <sup>1</sup> Ministerio de Defensa. Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar, Plaza de España, s/n, 36920. Marín, España.
  - <sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar, Plaza de España, s/n, 36920. Marín, España.
  - <sup>3</sup> Ministerio de Defensa. Arsenal Militar de Ferrol, Calle Irmandiños, s/n, Ferrol, 15490. España.
- \* Autor principal. Correo electrónico: [jesusdv@tud.uvigo.es](mailto:jesusdv@tud.uvigo.es)

### Resumen

En el presente trabajo se ha abordado la fabricación de nuevos materiales conformados por fibras micrométricas de base polimérica con propiedades singulares, con el objeto de estudiar su potencialidad como tejido en la uniformidad de las FAS. En concreto se han producido fibras de PCL dopadas con  $\text{TiO}_2$  para la eliminación de contaminantes, gracias a su carácter fotocatalítico, y fibras de PCL dopadas con  $\text{SiO}_2$  para conferir a los tejidos un alto grado de impermeabilización.

Se ha realizado un estudio sistemático de los parámetros de procesamiento para la evaluación de su influencia en la morfología de las fibras, así

como de cara a la optimización de las condiciones de fabricación. Las muestras obtenidas han sido caracterizadas mediante técnicas de microscopía digital, FTIR, UV-VIS y ensayo de la gota.

### Palabras clave

Contaminantes, *Electrospinning*, Impermeable, Microfibras.

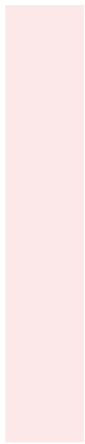


# DESE

## Área 4



Bases e instalaciones







DESEi+d 2024-23

## NOMAD EMS: solución avanzada de gestión de energía

Monasterio, Leticia <sup>1</sup>; Alda, Alberto <sup>2</sup>

<sup>1</sup>. Thales España Sistemas, calle Diego Marín Aguilera n.º 1, 28919. Leganés, Madrid. Correo electrónico: [leticia.monasterio@thalesgroup.com](mailto:leticia.monasterio@thalesgroup.com)

<sup>2</sup>. Thales España Sistemas, calle Diego Marín Aguilera n.º 1, 28919. Leganés, Madrid. Correo electrónico: [alberto.alda@thalesgroup.com](mailto:alberto.alda@thalesgroup.com)

### Resumen

Las soluciones de almacenamiento de Energía ESS (*Energy Storage System*) han experimentado un fuerte empuje en los últimos años como sistemas de soporte de energía adicionales a las fuentes principales de suministro de energía. Ya sea como soporte adicional a estas fuentes principales, por ejemplo, como suministro de picos de potencia de forma puntual, o como soporte complementario para demandas energéticas por encima de la capacidad habitual, o bien durante la ausencia de las mismas.

Estas soluciones de almacenamiento de Energía ESS, se hacen mucho más efectivas cuando son gestionadas desde elementos de gestión que permitan una explotación inteligente de los recursos de almacenamiento desplegados en el sistema.

**Palabras clave**

Ems, Nomad, IA, *Explainability*, Microgrids.



DESEi+d 2024-68

## Influencia de la incorporación de PCM en las características mecánicas y térmicas de los morteros de cemento

**Álvarez Feijoo, Miguel Ángel<sup>1\*</sup>; Feijoo Conde, Jorge<sup>1</sup>;  
Garrido González, Iván<sup>1</sup>; Pérez Rial, Leticia<sup>1</sup>; Alfonsín Pérez,  
Victor<sup>1</sup>; Maceiras Castro, Rocío<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar de Marín (CUD-ENM). Plaza España, s/n, 36920. Marín. Correos electrónicos: alvarezfeijoo@ cud.uvigo.es, jfeijoo@ cud.uvigo.es, ivgarrido@ cud.uvigo.es, leticia@ cud.uvigo.es, valfonsin@ cud.uvigo.es, rmaceiras@ cud.uvigo.es

\* Autor principal. Correo electrónico: alvarezfeijoo@ cud.uvigo.es

### Resumen

Cada día cobra más importancia, la búsqueda de la sostenibilidad energética, por lo que, este trabajo se ha centrado en investigar cómo mejorar la eficiencia energética en la edificación, mediante la incorporación de un material de cambio de fase (PCM) en un mortero de cemento.

Mejora en la que la Armada también se ha implicado a través de diferentes ensayos (capilaridad, ultrasonidos, análisis termográficos, hielo-deshielo, choque térmico, alteración por sales y análisis de calorimetría diferencial de barrido). Se evaluaron las propiedades y el comportamiento de las muestras de mortero aditivadas con materiales de cambio de fase. El

objetivo es comprender cómo los PCM pueden influir en la capacidad de regulación térmica del mortero, lo que puede tener implicaciones significativas en la eficiencia energética de los edificios.

### **Palabras clave**

Construcción, Eficiencia energética, Material de cambio de fase (PCM), Mortero.

## Modelado numérico de barreras verticales de bloques de hormigón frente a explosiones accidentales de hidrógeno

**Fernández del Rey, Abraham<sup>1\*</sup>, Aranda-Ruiz, Josué<sup>1</sup> y Loya Lorenzo, José Antonio<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Carlos III de Madrid. Av. de la Universidad, n.º 30, 28911. Leganés, Madrid, España. Correos electrónicos: abfernan@ing.uc3m.es (AFR), jaranda@ing.uc3m.es (JAR), jloya@ing.uc3m.es (JALL).

<sup>2</sup> Centro Universitario de la Guardia Civil, C. Princesa, s/n, 28300. Aranjuez, Madrid, España.

\* Autor principal. Correo electrónico: abfernan@ing.uc3m.es

### Resumen

Durante los últimos años, la utilización del hidrógeno como vector energético respetuoso con el medio ambiente ha experimentado un incremento importante en el número de subvenciones destinadas a innovación y desarrollos de proyectos para la aplicación de esta tecnología. Aunque el interés es principalmente civil, poco a poco se extiende al ámbito militar.

Como consecuencia de la utilización del hidrógeno en diversas aplicaciones, también ha crecido la preocupación por su seguridad en aquellos puntos de la cadena de suministro donde se encuentra acumulado como, por ejemplo, durante su almacenamiento.

El presente estudio se centra en el comportamiento estructural de barreras verticales para la protección del entorno de las instalaciones de hidrógeno. De las posibles opciones constructivas, se analiza la viabilidad del uso de bloques de hormigón, comparando los resultados numéricos obtenidos con los experimentos realizados sobre barreras verticales de hormigón armado existentes en la literatura.

### **Palabras clave**

Protección anti-explosión, FEM, Hidrógeno.





DESEi+d 2024-102

## Desarrollo de un sistema de fabricación aditiva transportable para producción de instrumental quirúrgico (QUIRUR3D)

**Suárez Ríos, Luis Ignacio<sup>1\*</sup>; Queipo Rodríguez, Paula<sup>1</sup>;  
Piquero Cambor, Juan Carlos<sup>1</sup>; Marqués Bada, Raúl<sup>1</sup>; Puerto  
Valcarce, Blas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> IDONIAL. Avenida Jardín Botánico n.º 1345, 33203. Gijón, Asturias.

\* Autor principal. Correo electrónico: luisignacio.suarez@idonial.com

### Resumen

En la actualidad están surgiendo cada vez más iniciativas centradas en el desarrollo e implementación de soluciones portátiles para la fabricación de componentes a medida en zonas de operaciones deslocalizadas, mediante tecnologías de impresión 3D.

Más allá de las ventajas inherentes a la propia tecnología de impresión 3D como método productivo, se tienen ventajas operaciones claves como son la disponibilidad de elementos de primera necesidad en plazos de entrega muy cortos, solución logística a problemas de almacenamiento y transporte, entre otros.

En este proyecto para el hospital militar Gómez Ulla se ha desarrollado uno de estos sistemas, enfocado, de forma específica, a la producción de utillajes de uso médico-quirúrgico para personal de campaña, con las particularidades que ello supone en varios frentes tecnológicos: empleo de material comercial homologado para dicho uso, adaptación de proceso de impresión 3D a medida para las particularidades térmico-mecánicas de material, generación de librería de componentes virtual que sirva de repositorio para la fabricación directa de componentes, validación de diseños mecánicamente equivalentes de la colección de elementos a fabricar, teniendo en cuenta la traslación desde una fabricación en acero de grado médico, a plástico técnico.

Asimismo, se exploran vías de trabajo relacionadas con la circularidad, con el objetivo de poder fabricar elementos a partir de residuos de plástico técnico reciclados, fomentando así el autoabastecimiento de estas plantas de trabajo móviles y la revalorización de residuos generados en la propia zona de operaciones.

### Palabras clave

Impresión 3D, Fabricación aditiva, Fabricación avanzada, Logística.



DESE+d 2024-116

## Diseño y análisis energético de módulos prefabricados basados en estrategias bioclimáticas para aplicaciones militares

**Febrero Garrido, Lara<sup>1\*</sup>; Ogando Martínez, Ana<sup>1</sup>; Vallejo, Javier P.<sup>1</sup>; Cacabelos Reyes, Antón<sup>1</sup>; Cornago Alva, Luis Pascual<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar, Grupo InTeam, Plaza de España, s/n, 36920. Marín. Correos electrónicos: (LFG) lfebrero@ cud.uvigo.es, (AOM) ana.ogando@ cud.uvigo.es, (JPV) jvallejo@ cud.uvigo.es, (ACR) acacabelos@ cud.uvigo.es, (LCA) luiscornagoalva@gmail.com

\* Autor principal. Correo electrónico: lfebrero@ cud.uvigo.es

### Resumen

Las construcciones modulares han cobrado importancia en el ámbito militar debido a su estandarización, versatilidad y facilidad de transporte, montaje y desmontaje. Con el incremento de despliegues en lugares con condiciones climáticas muy diversas y la urgencia de reducir el consumo de energía la optimización energética de estos módulos se vuelve crucial. En el presente trabajo se desarrolla un modelo energético de un módulo prefabricado básico y se simula durante un año completo en siete localizaciones diferentes donde las Fuerzas Armadas de España están o han estado presentes, utilizando la herramienta de simulación dinámica Ener-

gyPlus. Analizando los resultados obtenidos se diseñan cuatro alternativas constructivas, aplicando estrategias bioclimáticas y se vuelven a simular en cada emplazamiento. Finalmente se compara el comportamiento energético de las nuevas construcciones con el módulo básico, cuantificando el ahorro obtenido.

Las estrategias implementadas revelan reducciones de la demanda energética mayores al 25 % en todos los emplazamientos, lo que supone un ahorro de entre 57 € y 295 € por módulo en su consumo de energía. Se concluye, por tanto, que el desarrollo de modelos que busquen optimizar la eficiencia del diseño constructivo de módulos prefabricados en función de la zona climática presenta una oportunidad excepcional para lograr considerables ahorros energéticos y económicos en el ámbito de la Defensa.

### Palabras clave

Ahorro energético, EnergyPlus, Estrategia bioclimática, Misiones en el exterior, Módulo prefabricado.

## Sellado de poros por atracción quimiotáctica de bacterias: explorando un nuevo método de bioingeniería para reducir riesgos químicos

Serrano-Martínez, Damián<sup>1\*</sup>; García, José Luis<sup>2</sup>; Fernández-López, Carmen<sup>1</sup>; Ortega Calvo, José Julio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa Universidad Politécnica de Cartagena (CUD-UPCT). Calle Coronel López Peña, s/n, 30720. Santiago de la Ribera, Murcia. Correo electrónico: carmen.fernandez@tud.upct.es

<sup>2</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS-CSIC). Av. Reina Mercedes, n.º 10, 41012. Sevilla. Correo electrónico: jjortega@irnase.csic.es, jlgarcia@irnase.csic.es

\* Autor principal. Correo electrónico: damian.serrano@edu.upct.es

### Resumen

El biosellado de suelos y sedimentos contaminados produce la inmovilización de los contaminantes, siendo una estrategia de biorremediación muy útil. Reduciendo la biodisponibilidad se disminuyen los riesgos.

El objetivo principal del presente trabajo ha sido conocer la capacidad de sellado de poros por la bacteria *Bacillus subtilis* DSM10. Para provocar la respuesta quimiotáctica se ha empleado el ácido gamma-aminobutírico (GABA), un fuerte quimioatrayente. Se midió la movilización bacteriana en capilares, y la capacidad de sellado empleando biorreactores, en los que se introdujo una solución acuosa de <sup>14</sup>C-naftaleno y se comprobó la

efectividad de sellado de la membrana sobre la que se encontraba una biopelícula de *B. subtilis*. Los resultados obtenidos mostraron una disminución significativa de la difusión del naftaleno a través de los poros de la membrana cuando esta estaba colonizada por la bacteria.

### Palabras clave

Bacteria, Biodisponibilidad, Biorremediación de suelos, Biosellado, Contaminantes orgánicos, Recuperación de suelos.

## Análisis experimental de consumos y emisiones de un biocombustible en un generador tricilíndrico

**Martín, Mario<sup>1</sup>; Cacabelos, Antón<sup>2\*</sup>; Collazo, Carlos<sup>2</sup>;  
Boehman, André<sup>3</sup>; Febrero, Lara<sup>2</sup>; Devesa, Rosa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Armada Española, Ministerio de Defensa.

<sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa (CUD) en la Escuela Naval Militar (ENM), Grupo InTeam, Plaza de España, s/n, 36920. Marín, España.

<sup>3</sup> *Department of Mechanical Engineering. University of Michigan.*

\* Autor principal. Correo electrónico: [acacabelos@cud.uvigo.es](mailto:acacabelos@ cud.uvigo.es)

### Resumen

Los biocombustibles son una fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles tradicionales que permiten utilizar tecnología convencional y muy desarrollada. El biodiésel es un biocombustible cuyo uso supone una emisión neta de carbono cercana a la neutra, siendo 100 % biodegradable y compatible con los motores actuales. Procede de ácidos grasos vegetales que, mediante un proceso de transesterificación, se transforma en biodiésel.

En el presente trabajo se ha realizado un análisis experimental de la utilización de biodiésel en un grupo electrógeno, formado por un motor

Perkins tricilíndrico acoplado a un generador eléctrico de 14 kW de potencia eléctrica. Se han realizado diferentes ensayos haciendo funcionar el grupo con biodiésel en diferentes proporciones y a diferentes cargas y se ha comprobado experimentalmente como afectan estos parámetros al consumo de combustible y al nivel de emisiones.

En base a los resultados obtenidos y a la bibliografía estudiada, se han examinado diferentes causas que influyen en la emisión de óxidos de nitrógeno. Como conclusión de este estudio, se analiza la posibilidad de la utilización de biodiésel en los motores diésel actuales y qué condiciones preliminares se deben cumplir para conseguir su viabilidad y obtener unos mejores resultados.

### Palabras clave

Biocombustibles, Biodiésel, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, Generador, Motor combustión.

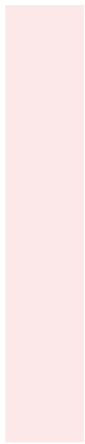


# DESE

## Área 5



Plataformas terrestres







DESEi+d 2024-42

## **VIREX: robot germicida autónomo para la eliminación de patógenos en instalaciones sanitarias**

**Escalera, Juan Antonio<sup>1\*</sup>; Zamora, Víctor<sup>1</sup>; Videgain, Pedro<sup>1</sup>; De la Fuente, Mario<sup>1</sup>; Bermejo, Javier<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Carretera M-301, km 10.500, 28330. San Martín de la Vega, Madrid. Correos electrónicos: vzammay@inta.es, pvidbar@inta.es, delfmm@inta.es, bermejohj@inta.es

\* Autor principal. Correos electrónicos: escalerapja@inta.es

### **Resumen**

En este artículo se describe el robot autónomo germicida para entornos sanitarios, VIREX. A nivel de componentes el robot integra movimiento basado en par diferencial, utilizando cámara RGB-D, LIDAR plano y unidad de medida inercial como sensores para navegar autónomamente y un conjunto formado por lámparas ultravioleta (UV), inversor y batería como elemento germicida. Se muestran resultados de cómo se mueve el robot por entornos desconocidos, maximizando el espacio cubierto y optimizando la radiación enviada para eliminar el mayor número de patógenos en el menor tiempo.

**Palabras clave**

Autónomo, Germicida, Móvil, Navegación, Robótica, Lámpara UV.



DESEi+d 2024-55

## Desarrollo metrológico en apoyo a los ensayos de homologación de vehículos militares

**Díaz Rivas, Angel<sup>1\*</sup>; Vicente Mussons, Tomás<sup>1</sup>; Benyon Puig Robert<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA). Centro de Metrología y Calibración. Carretera Torrejón-Ajalvir, km 4.5, 28850. Torrejón de Ardoz. Correo electrónico: metrologia.calibracion@inta.es

\* Autor principal. Correo electrónico: adiariv@inta.es

### Resumen

Se presentan dos casos de apoyo o soporte a distintas áreas del INTA por parte del Centro de Metrología y Calibración (CMYC) del Instituto para la cualificación y homologación de vehículos blindados militares.

Se ha requerido la participación del centro en base a su experiencia en la realización de medidas acordes a UNE-EN ISO/IEC 17025 [1] y de desarrollos tecnológicos relacionados con la metrología, acreditación y la cualificación.

Para las pruebas realizadas por el área de sistemas de armas y balística en las que se estudian los efectos de las detonaciones en los vehículos

blindados, se requiere trazabilidad metrológica [2] para la medida de la humedad en los fosos de arena utilizados en los ensayos.

En las cualificaciones de vehículos con protección NBQ realizados por el área de defensa química del INTA se requiere determinar la sobrepresión interior del vehículo para proteger a la tripulación de posibles agentes NBQ externos.

Se presentan los detalles de las actividades realizadas en los dos casos.

### Palabras clave

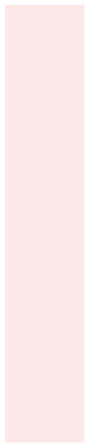
Calibración, Trazabilidad, Cualificación, Homologación, Sobrepresión, Humedad, Vehículos blindados.

# DESE

## Área 6



Plataformas navales









DESEi+d 2024-27

# Propuesta de diseño aplicada al futuro buque de aprovisionamiento de la Armada para facilitar la fabricación aditiva a bordo y su distribución

Requena Rodríguez, Ignacio<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ADVANTARIA. Calle Blas Cabrera, 23. Parque Empresarial La Garena, 28806. Alcalá de Henares, Madrid.

\* Autor principal. Correo electrónico: idi@advantaria.com (I.R.R.).

## Resumen

Las ventajas de carácter logístico, y el aumento de la flexibilidad operativa, derivados de la implantación de capacidades de fabricación aditiva a bordo de buques, tanto en el ámbito militar como civil, lleva a buscar soluciones que permitan incrementar las condiciones y situaciones en las que estas capacidades pueden resultar efectivas.

En especial, la necesidad de ampliar el rango de condiciones de mar en las cuales pueden funcionar de manera adecuada estos equipos de fabricación aditiva, que son especialmente sensibles al movimiento del barco, así como la previsible incorporación a bordo de sistemas que permiten la realización de piezas de gran tamaño y su transporte por el interior del

casco hasta aquellas zonas donde pueden ser requeridas, como, por ejemplo, la sala de máquinas, así como su acceso a las cubiertas exteriores para su traslado a otros buques de la flota, ha llevado a proponer nuevos requerimientos previos a la fase de diseño del barco con el fin de facilitar estos dos aspectos.

En este sentido, el presente documento presenta una propuesta de aplicación de estos requerimientos y modificaciones en la fase de diseño, y su adaptación al nuevo buque de aprovisionamiento (BAC) de la Armada, desarrollado y construido por Navantia.

### Palabras clave

Arquitectura naval, Buque de aprovisionamiento, Buque logístico, Diseño naval, Fabricación aditiva a bordo, Requerimientos de diseño naval.



DESEi+d 2024-83

## Estudio de la estanqueidad entre compartimentos de buque mediante técnicas de acústica avanzada: primeros resultados del proyecto de investigación DnTAA

**Rodríguez Rodríguez, Francisco Javier<sup>1\*</sup>, González-Cela Echevarría, Gerardo<sup>2</sup>, González Gil, Arturo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> CUD-ENM. Plaza de España, 36920. Marín. Correo electrónico: fjavierrodriguez@ cud.uvigo.es

<sup>2</sup> CUD-ENM. Plaza de España, 36920. Marín. Correo electrónico: gerarcela@ cud.uvigo.es

<sup>3</sup> CUD-ENM. Plaza de España, 36920. Marín. Correo electrónico: arturogg@ cud.uvigo.es

\* Autor principal. Correo electrónico: fjavierrodriguez@ cud.uvigo.es

### Resumen

Actualmente, el plan de inspecciones y pruebas que se desarrollan para comprobar la estanqueidad entre compartimentos de buque implica métodos costosos en tiempo y poco rigurosos (como la prueba de agua jabonosa o la de chorro de agua y la prueba de tiza) a pesar de que para asegurar la seguridad interior es imprescindible mantener dicha propiedad. En este contexto, tratando de paliar el déficit existente, nace el proyecto de investigación DnTAA, financiado por el CUD-ENM, que pretende estudiar la estanqueidad entre locales de buque en relación con el comportamiento de

los elementos y sistemas asociados a dicha propiedad (escotillas, puertas y mamparos), mediante medidas *in situ* y en diferentes situaciones de uso (estado, dimensiones, mantenimiento, anomalías recientes...). Además, se pretende evaluar la posible detección de poros en la chapa o pérdidas de espesor. Para ello se emplean Técnicas de Acústica Avanzada, innovador procedimiento que permite la visualización de los mapas acústicos de los parámetros nivel de presión sonora y velocidad de partícula sobre los elementos evaluados, de amplio empleo en la industria del automóvil y aeronáutica.

El presente artículo pretende dar a conocer algunos aspectos técnicos del proyecto DnTAA, entre cuyos objetivos, y en base a las futuras lecciones aprendidas, se encuentra la elaboración de un protocolo para el mantenimiento de la flota de la Armada en relación con la estanqueidad.

### Palabras clave

Acústica avanzada, Estanqueidad, Velocidad de partícula.



DESEi+d 2024-91

## **PULSMES: desarrollo del sistema de alta potencia**

**Sarmiento Muñoz, Gustavo<sup>1\*</sup>; Sanz Castillo, Santiago<sup>1</sup>; Lopez Dominguez, Alexander<sup>1</sup>, Bastarrarena Seguro, Joseba<sup>1</sup>; Galindo Leandro, Iñigo<sup>1</sup>; García Scheifler, Sonia<sup>1</sup>; Cano Corral, Eduardo<sup>2</sup>; Arca Ramírez, Eduardo<sup>2</sup>; Torrelo, Vaca Alfonso<sup>2</sup>; López de Santiago, Ion<sup>3</sup>; Saez de Ocariz Granja, Idurre<sup>3</sup>; Eiriz Gervás, Ignacio María<sup>3</sup>; Velasco Pascual, Javier<sup>3</sup>; Milla Benito, Javier<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> SUPRASYS S. L. Av. Lehendakari Aguirre, n.º 11, 7.º, departamento 7, 48014. Bilbao.

<sup>2</sup> Edair Technologies. Calle Wilbur Y Orville Wright, n.º 27. Aerópolis, Parque Tecnológico Aeroespacial de Andalucía, 41300. La Rinconada, Sevilla.

<sup>3</sup> Fundación Centro de Tecnologías Aeronáuticas (CTA), Parque Tecnológico de Álava, calle Juan de la Cierva, n.º 1, 01510. Miñano, Álava.

\* Autor principal. Correo electrónico: gustavo.sarmiento@suprasys.es

### **Resumen**

El proyecto PULSMES ofrece una alternativa energética en la integración de armas de energía dirigida en plataformas terrestres y navales. La combinación de sistemas SMES (*Superconducting Magnet Energy Store*), junto con otros elementos de almacenamiento energético como baterías o ultracondensadores, y un sistema de gestión energética bidireccional

aporta un elemento de flexibilidad y seguridad energética en una red aislada. Orientados hacia el suministro de potencia para cargas típicamente pulsadas, se postula como una solución que debe demostrar su viabilidad técnica y económica.

En el artículo se muestran los avances realizados en el diseño conceptual del SMES y del sistema de gestión energética. Asimismo, se presentan los resultados más relevantes del análisis destinado a validar los diseños y el desarrollo de los demostradores experimentales.

### Palabras clave

Almacenamiento energético, SMES, Armas de energía dirigida, Superconductividad.



DESEi+d 2024-92

## Sobre la reducción de esfuerzos viscosos en propulsores marinos

García-Magariño, Adelaida<sup>1\*</sup>; López-Gavilán, Pablo<sup>2</sup>; Sor, Suthyvann<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA). Calle sierra, s/n, El Pardo, 28028. Madrid. Correo electrónico: garciamga@inta.es

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA). Calle sierra, s/n, El Pardo, 28028. Madrid. Correo electrónico: plopgav@inta.es

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA). Carretera de Ajalvir km 4, 28850. Torrejón de Ardoz. Correo electrónico: sors@inta.es

\* Autor principal. Correo electrónico: garciamga@inta.es

### Resumen

El aumento de la eficiencia de los propulsores en plataformas navales, tanto civiles como militares, supone una reducción en la emisión de contaminantes.

En este trabajo se estudia la reducción de resistencia de fricción en las hélices mediante la inyección de microburbujas en la capa límite de forma teórica, llegando a la expresión que determina dicha reducción en base a la cantidad de burbujas introducidas, su distribución, la estructura de la capa límite y el gradiente de presiones. Asimismo, se evalúa el tamaño relativo de las burbujas en relación con la capa límite para un caso de

aplicación, ayudando a evaluar con ello el impacto esperado de las características de la fase gaseosa.

### **Palabras clave**

Eficiencia propulsor naval, Reducción resistencia, Lubricación por aire.





DESEi+d 2024-107

## Kimiko: acelerando el desarrollo de nuevos materiales para buques resistentes a la corrosión

**Alonso, César<sup>1\*</sup>; Abenza, Eduardo<sup>1</sup>; Stremtan, Benjamin Adrian<sup>1</sup>; Gómez-Espinosa, Roberto<sup>1</sup>; Asensio, María Carmen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> HI Iberia (HIB). Calle Juan Hurtado de Mendoza n.º 14, 28036. Madrid. Correo electrónico: robertogemartin@hi-iberia.es

<sup>2</sup> Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM/CSIC). Calle Sor Juana Inés de la Cruz, n.º 3, 28049. Cantoblanco, Madrid. Correo electrónico: mc.asensio@csic.es

\* Autor principal. Correo electrónico: calonso@hi-iberia.es

### Resumen

El desarrollo de la plataforma Kimiko por parte de HI Iberia permitirá aplicar tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) de vanguardia en el campo de la industria naval, en particular, en la fabricación y reparación de buques, evaluando los procesos de corrosión en diferentes condiciones ambientales. Estas tecnologías de IA incluyen modelos subrogados con *Deep Learning* (DLSMs), potenciales interatómicos basados en *Machine Learning* (MLIPs), modelos generativos de difusión o *Variational Autoencoders* (VAEs).

El objetivo principal de este proyecto es demostrar el potencial de la IA en el diseño y la identificación de nuevas aleaciones de acero con una elevada resistencia a la corrosión, así como en el desarrollo de recubrimientos de aceros que reduzcan la corrosión en diversas condiciones ambientales marinas. Con este estudio se pretende desarrollar un gemelo digital que permitirá evaluar, monitorizar y predecir los efectos de la corrosión en diferentes partes estratégicas del buque. De esta manera, el gemelo digital reducirá los costos de mantenimiento y aumentará la seguridad operacional de los buques.

### Palabras clave

Inteligencia artificial, Corrosión, Aceros, Recubrimientos de aceros, Gemelo digital, Industria naval.

## Evaluación de metamateriales para la mejora de la firma acústica submarina

Felis Enguix, Ivan<sup>1\*</sup>; Álvarez García, Carmen<sup>1</sup>; El Mansouri El Asri, Yahya<sup>1</sup>; de Miquel Moral, Fernando<sup>1</sup>; Pérez Maciá, Joaquín<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Tecnológico Naval y del Mar (CTN). Carretera El Estrecho-Lobosillo km<sup>2</sup>, 30320. Fuente Álamo. Correo electrónico: ivanfelis@ctnaval.com

\* Autor principal. Correo electrónico: ivanfelis@ctnaval.com

### Resumen

Con el fin de avanzar en el control de la firma acústica de buques, en general y de submarinos, en particular, la presente investigación se centra en el desarrollo de distintas tipologías de metamateriales susceptibles de forrar los cascos resistentes. El objetivo principal es mejorar el rendimiento acústico, enfocado, en concreto, en las métricas de reducción de eco (*Echo Reduction*) y pérdidas de inserción (*Insertion Loss*). Para validar los diseños, se fabricaron una serie de probetas, utilizando tanto muestras cuadradas de 50x50 cm como de 150x150 cm (espesores entre 2 y 4 cm), que sirvieron para evaluar su desempeño en el rango de frecuencias entre 20 y 100 kHz y entre 1 kHz a 20 kHz, respectivamente.

Los resultados indican que algunos especímenes presentan un diseño mejorado respecto a los materiales convencionales para este tipo de apli-

caciones, mostrando resultados prometedores alineados con nuestros objetivos de mejora de la firma acústica en general, y de firma ecosonar en particular.

Esta investigación supone un avance significativo en el desarrollo de materiales de ingeniería para aplicaciones acústicas, proporcionando pruebas empíricas de la viabilidad práctica y el éxito del diseño metamaterial propuesto. El enfoque sistemático adoptado en nuestro estudio, que combina microinserciones, configuraciones multicapa y distribuciones controladas de estructuras cilíndricas periódicas, contribuye a la comprensión y optimización de los mecanismos de control de la firma acústica.

Además, las implicaciones de estos estudios se extienden a otros campos, como la reducción del ruido en entornos industriales *off-shore* y del transporte marítimo en general. Además, la validación con éxito de nuestros diseños de metamateriales, fabricados con técnicas industrializadas, mediante mediciones experimentales establece una base sólida para su posterior exploración y perfeccionamiento, allanando el camino para aplicaciones prácticas en escenarios del mundo real.

## Palabras clave

*Echo Reduction*, *Insertion Loss*, Metamateriales, Metasuperficies, Firma acústica, Firma ecosonar.

# DESE

Área 7

● Plataformas aéreas







DESEi+d 2024-28

## Simulaciones CFD del caso de aplicación NLR Diana 2 glider en el marco de las actividades desarrolladas en el NATO STO RTG AVT-351

Nieto, Félix<sup>1\*</sup>; Álvarez, Antonio José<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de La Coruña; Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil (CITEEC). Campus de Elviña, s/n, 15071. La Coruña. Correo electrónico: felix.nieto@udc.es

<sup>2</sup> Universidad de La Coruña; Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil (CITEEC). Campus de Elviña, s/n, 15071. La Coruña. Correo electrónico: antonio.jose.alvarez@udc.es

\* Autor principal.

### Resumen

El planeador NLR Diana 2 ha sido seleccionado como uno de los casos de aplicación en el dominio aéreo para las actividades de investigación desarrolladas por el *Research Task Group AVT-351 on Enhanced Computational Performance and Stability & Control Prediction for NATO Military Vehicle* de la *Science and Technology Organization* de la OTAN. La participación de la Universidad de La Coruña consistió en el desarrollo de un modelo CFD 3D del aparato, obteniendo los coeficientes aerodinámicos para varios ángulos de ataque, adoptando una formulación RANS estacionaria, así como la distribución de coeficientes de presión sobre el conjunto de la aeronave.

Los resultados obtenidos fueron consistentes con los obtenidos por otros participantes en el RTG AVT-351, encontrando ciertas diferencias solo para el ángulo de ataque de  $14^\circ$ , en el que previsiblemente se está produciendo la separación del flujo en las alas. Además, para el ángulo de ataque de  $14^\circ$ , se estudió la sensibilidad de los resultados numéricos al considerar una malla de volúmenes finitos de mayor densidad, así como al introducir el término no estacionario en la formulación de las ecuaciones de Navier-Stokes. Se analizó de manera preliminar la capacidad para analizar la respuesta aerodinámica ante maniobras, considerando la variación continua en el ángulo ataque frente al viento en el rango  $(-26^\circ, 54^\circ)$ .

### Palabras clave

AVT-351, CFD, Coeficientes aerodinámicos, *Glider*, RANS.





DESEi+d 2024-32

## Ensayos en túnel de viento para determinar las fuerzas aerodinámicas sobre un helicóptero NH-90 operando en las proximidades de un edificio

**Bardera, Rafael<sup>1\*</sup>; Matías, Juan Carlos<sup>2</sup>; Barroso, Estela<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Carretera de Torrejón a Ajalvir, km 3.2, 28850. Madrid, España. Correo electrónico: [barderar@inta.es](mailto:barderar@inta.es)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Carretera de Torrejón a Ajalvir, km 3.2, 28850. Madrid, España. Correo electrónico: [matiasgjc@inta.es](mailto:matiasgjc@inta.es)

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Carretera de Torrejón a Ajalvir, km 3.2, 28850. Madrid, España. Correo electrónico: [barrosobe@inta.es](mailto:barrosobe@inta.es)

\* Autor principal. Correo electrónico: [barderar@inta.es](mailto:barderar@inta.es)

### Resumen

Los edificios generan un entorno aerodinámico complejo, con elevados gradientes de velocidad e intensidades de turbulencia que complican las maniobras de aterrizaje y despegue de helicópteros desde sus tejados. En concreto, los helipuertos de los edificios suelen estar situados en la azotea, donde se forma una gran burbuja de recirculación, provocada por el desprendimiento del flujo en las esquinas superiores. Por tanto, las in-

terferencias aerodinámicas entre la aerodinámica del rotor y el edificio deben ser analizadas en detalle.

En este estudio se presentan los resultados experimentales obtenidos en el túnel de viento usando un modelo de edificio y helicóptero a escala 1:70. El helicóptero contiene una balanza interna de seis componentes (HELI-BAL) diseñada en el INTA que permite la medida de fuerzas y momentos aerodinámicos.

Durante los ensayos en el túnel, se asegura la semejanza de flujos entre el caso real y los ensayos y para su correcto posicionamiento se utiliza una travesía automática que coloca el helicóptero en diferentes posiciones sobre el edificio. Los resultados muestran importantes variaciones de los coeficientes de fuerzas y momentos aerodinámicos de hasta el 80 % en función de la altura sobre el tejado y de entre el +30 y -30 % en función de su posición sobre el mismo.

### Palabras clave

Aerodinámica, Edificio, Helicóptero, Túnel de viento.



DESEi+d 2024-33

## Propuesta de un sistema de enjambre de UAVs para operaciones de entrenamiento militar con blancos aéreos

Luna, Marco Andrés<sup>1, 2\*</sup>; Hazami, Zahra<sup>1</sup>; Fernández, Antonio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> AHYRES. Av. Gregorio Peces Barba, n.º 1, 28919. Leganés. Correos electrónicos: m.luna@ahyres.com, z.hazami@ahyres.com, a.fernandezh@ahyres.com

<sup>2</sup> CVAR-UPM-CSIC. Calle de José Gutiérrez Abascal, n.º 2, 28006. Madrid. Correo electrónico: marco.lunaa@alumnos.upm.es

\* Autor principal. Correo electrónico: m.luna@ahyres.com

### Resumen

Los sistemas con múltiples UAVs o de enjambre se están utilizando en varias aplicaciones en el campo de la seguridad y defensa; una de las más importantes es el despliegue de blancos aéreos en enjambre para entrenamientos frente a futuras amenazas. Sin embargo, la planificación y ejecución de estas operaciones conlleva mucho tiempo; y la mayoría de los sistemas propuestos de la literatura presentan soluciones y algoritmos que no contemplan todo el procedimiento intrínseco a la operación.

Por esta razón, este artículo propone un sistema de *software* basado en web capaz de agilizar el flujo de trabajo para desplegar y gestionar estas

operaciones de manera rápida, automatizando la captura de datos y su análisis posterior. Para esto, se utilizan como base algoritmos de planificación y control de vuelo publicados previamente en el estado del arte y capacidades extendidas de automatización de procesos a través de las interfaces de usuario. Como resultados se presentan prototipos de *hardware* y *software* que continuarán su desarrollo para ser utilizados como productos en trabajos futuros.

### Palabras clave

Blanco aéreo, Enjambre, Entrenamiento militar, UAVs.



DESEi+d 2024-44

## Navegación solar aplicada a UAS: estimación de rumbo en entornos de GNSS denegado

**Train García, Laura\***; **Gutiérrez Rivilla, José Antonio;** **de Frutos Carro, Miguel Ángel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> UAV Navigation, Grupo Oesía. Av. Pirineos n.º 7, B11, 28703. San Sebastián de los Reyes, Madrid. Correos electrónicos: ltrain@uavnavigation.com, mfrutos@uavnavigation.com

\* Autor principal.

### Resumen

La navegación robusta y resiliente se ha convertido en un elemento indispensable en cualquier sistema de guiado, ya que es un requisito fundamental que el vehículo autónomo sea capaz de seguir su misión, incluso ante el fallo de sensores, especialmente frente a ataques externos. La inclusión de observables adicionales en el proceso de fusión de sensores fundamentados en fenómenos físicos diferentes, amplifica la redundancia del sistema, otorgándole mayor robustez y fiabilidad ante situaciones adversas.

La observación de la bóveda celeste ha servido desde los principios de la ingeniería y la física clásica para satisfacer la necesidad humana de navegar, además, en el contexto actual, tiene la ventaja de no depender de sistemas satelitales externos.

Este documento presenta un caso de aplicación de astronavegación en vehículos aéreos no tripulados, utilizando un sensor solar para determinar el rumbo de la aeronave sin necesidad de realizar calibraciones a bordo. Esta técnica encuentra su aplicación más directa en entornos donde la señal GNSS no está disponible. La combinación de un sensor solar con técnicas de navegación visual e inercial constituye un sistema que minimiza la deriva en posición y garantiza una navegación precisa y segura. Se expondrá la arquitectura del sistema, así como los resultados obtenidos en ensayos de vuelo.

### Palabras clave

Astronavegación, GNSS denegado, Sensor solar, GNC, UAS.

## Desarrollo y desafíos tecnológicos de UAS consumibles en operaciones en entornos hostiles con interferencia GNSS

**Méndez Velásquez, Sebastián Camilo\***; Pulido Fernández, José María; de Frutos Carro, Miguel Ángel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UAV Navigation-Grupo Oesía (UAVNGO). Av. Pirineos, n.º 7, B11, San Sebastián de los Reyes, España. Correos electrónicos: smendez@uavnavigation.com, mfrutos@uavnavigation.com

\* Autor principal.

### Resumen

Operar sistemas no tripulados en entornos hostiles con interferencias en el espectro radioeléctrico es crucial en los conflictos actuales. La capacidad de interferir en los sistemas de comunicación y navegación basados en radio exige una planificación meticulosa, decisiones autónomas avanzadas y técnicas de navegación no convencionales. Las plataformas aéreas no tripuladas de bajo coste, conocidas como «consumibles», han demostrado una gran utilidad actuando tanto como señuelos como municiones exploradoras.

Este trabajo aborda la integración de tecnologías de navegación visual en UAS consumibles, diseñadas para operar en entornos con señales GNSS denegadas y comunicaciones no aseguradas. Tras una revisión detalla-

da de los desafíos y tecnologías disponibles, se introduce una metodología de ensayos basados en vuelos reales utilizando un UAS de 10 kg de MTOW, simulando ambientes con GNSS denegado. Tras la discusión de los resultados obtenidos, el trabajo concluye identificando futuras líneas de desarrollo.

### **Palabras clave**

GNSS denegado, Navegación visual, UAS consumibles.





DESEi+d 2024-99

## Hacia la autonomía total: progresos en la gestión de enjambres de UAVs

Loinaz Anton, Mikel<sup>1\*</sup>; Arrué Vicedo, Lluís<sup>2</sup>; Ferrero Micó, Javier<sup>3</sup>

<sup>1</sup> GMV. Calle Santiago Grisolia, n.º 4, P.T.M., 28760. Tres Cantos. Correo electrónico: mkla@gmv.com

<sup>2</sup> GMV. Calle Santiago Grisolia, n.º 4, P.T.M., 28760. Tres Cantos. Correo electrónico: larrue@gmv.com

<sup>3</sup> GMV. Calle Santiago Grisolia, n.º 4, P.T.M., 28760. Tres Cantos. Correo electrónico: jferrero@gmv.com

\* Autor principal. Correo electrónico: mkla@gmv.com

### Resumen

El uso de enjambres está siendo uno de los campos que más atención ha atraído, en los últimos años, en el sector de defensa a nivel mundial, tanto en el dominio terrestre como en el aéreo y marítimo. Esta área de investigación aúna diferentes ámbitos de conocimiento como: las comunicaciones y la navegación en entornos comprometidos o el control. Uno de los pilares clave de este tipo de sistemas es la autonomía de los enjambres, área en la que se está trabajando para que los diferentes activos que forman el enjambre sean cada vez más independientes y necesiten cada

vez menos instrucciones por parte de los operadores para llevar a cabo sus tareas.

Este documento presenta el trabajo desarrollado por la División de Aeronáutica y Sistemas Embarcados para la Defensa de GMV en diferentes proyectos relacionados con la autonomía de los Vehículos Aéreos no Tripulados o UAVs que conforman un enjambre basándonos en aprendizaje por refuerzo. En concreto, este estudio expone el desarrollo de un algoritmo de *path planning*, entrenado con físicas realistas y en entornos con obstáculos, en combinación con el control de formación para el enjambre, junto con un algoritmo de asignación de tareas, encargado de optimizar el uso de los activos del enjambre para maximizar las posibilidades de éxito de la misión.

### Palabras clave

Aprendizaje por refuerzo, Asignación de tareas, Enjambre, *Path planning*.



DESEi+d 2024-118

## **iRPAS: sistema aerostático desplegable para el apoyo logístico**

**Domínguez, Diego<sup>1\*</sup>; García, Adrián<sup>1</sup>; López, Deibi<sup>1</sup>; Ubero, Iván<sup>1</sup>; Acebo, Enrique<sup>1</sup>; Gonzalo, Jesús<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidad de León (ULE). Campus de Vegazana, s/n, 24071. León. Correo electrónico: rectorado@unileon.es

\* Autor principal. Correo electrónico: diego.dominguez@unileon.es

### **Resumen**

Las necesidades logísticas de las Fuerzas Armadas son múltiples y variadas, y a las potenciales soluciones se les requiere cada vez una mayor atención, no solo al coste, sino también a su huella ecológica. El proyecto iRPAS ofrece una solución pionera con sus dirigibles eléctricos autónomos.

El proyecto se basa en el diseño y la construcción de un dirigible inflable pero rígido, pilotado a distancia y diseñado para aplicaciones de carga. La estructura no rígida del dirigible, basada en el uso de *airbeams* (elementos estructurales inflables), le confiere a la plataforma importantes ventajas, en términos de flexibilidad de uso, y facilidad de despliegue al teatro de operaciones, así como una capacidad de carga muy relevante. Esto, unido a la gran eficiencia del vuelo de los dirigibles y unos costes de operación relativamente bajos, permiten que la plataforma iRPAS pueda

ofrecerse como una alternativa al uso de los sistemas de carga aérea basados en helicópteros.

En este artículo se repasan las principales innovaciones tecnológicas del dirigible propuesto, los casos de uso identificados y una breve descripción del plan de desarrollo propuesto.

### Palabras clave

Dirigible, Aviación eléctrica, Carga aérea, *Airbeam*, Estructura inflable.



DESEi+d 2024-149

# Planificación de trayectorias para múltiples plataformas

**Navarro Corcuera, Juan José**

<sup>1</sup> Airbus Defense and Space, Paseo John Lennon, s/n, 28096. Getafe, Madrid. Correo electrónico: [juan.j.navarro@airbus.com](mailto:juan.j.navarro@airbus.com)

## Resumen

Es necesario abordar el problema de la generación de trayectorias en tiempo real, sin colisiones para vehículos que vuelan en el mismo volumen de espacio aéreo a través de entornos desconocidos. Se requiere que la solución de trayectoria generada satisfaga tres requisitos importantes: en primer lugar, la trayectoria tiene que ser suave y dinámicamente factible; en segundo lugar, debe garantizarse que toda la trayectoria, no solo un número limitado de puntos de control, esté libre de colisiones con obstáculos fijos y móviles y con otros vehículos, y, en tercer lugar, la planificación de la trayectoria debe realizarse *on-line* para actualizar la información sobre nuevos obstáculos o amenazas que puedan surgir durante la misión, o sobre cambios en los objetivos de la misma.

Este comunicado presenta diferentes soluciones al problema de planificación de trayectorias para múltiples vehículos y analiza los resultados en la simulación de diferentes misiones y escenarios.

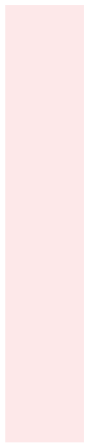
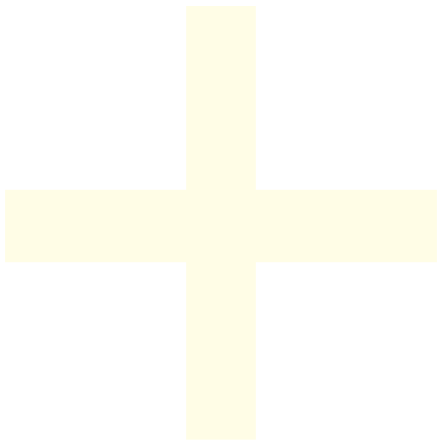
**Palabras clave**

Plataformas, Aeronáutica, Trayectoria, Obstáculos.

DESE

Área 8

Sistemas espaciales









DESEi+d 2024-7

## Avión espacial hipersónico dual europeo

**Navlet, Juan José**

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Carretera San Martín de la Vega, km 10.50, 28330. San Martín de la Vega, Madrid.

Autor principal. Correo electrónico: navletsjj@inta.es

### Resumen

Los cazas de quinta generación como el F-35, el Sukhoi Su-57 y el Chengdu J-20 han dado supremacía aérea a nuestros aliados y rivales mientras que nuestro caza de cuarta generación, el Eurofighter, está completando su ciclo de vida. El Futuro sistema de combate aéreo europeo, FCAS, entrará en servicio en 2040 en un mercado dominado por los futuros aviones de sexta generación e inmerso en un equilibrio mundial incierto. Como quedarnos atrás pone en riesgo nuestra seguridad, y, además, la Unión Europea tiene tecnología para liderar la industria aeroespacial y de defensa, hemos comenzado a desarrollar un conjunto de innovaciones ordenadas por proyectos con el objetivo de dominar el cielo y el espacio en 2050 con un avión hipersónico dual capaz de alcanzar la órbita terrestre, de navegar en el espacio profundo, de reentrar en la atmósfera y de aterrizar sin daños en un aeropuerto tantas veces como lo hace un avión moderno. Todos estos proyectos se agrupan en un programa realista denominado

Eurohunter, que se organiza en cinco fases consecutivas. La versión civil se llama Columbus, y la de combate polivalente se llama Blizzard.

La innovación que lo sustenta es el nuevo material refractario semidúctil de nuestro socio holandés ARCEON, con el que se puede imprimir en 3D un fuselaje ultraligero, dotado de una matriz interior de alta resistencia con nueve canales pasantes y cuatro cerrados, que pueden albergar hasta trece motores diferentes (turborreactores, *scramjets*, motores cohete, propulsores de plasma y D-Drive). La potencia total es suficiente para entrar en órbita y salir al espacio en una sola etapa de propulsión múltiple. La propulsión espacial la producen un motor de plasma ubicado en el canal central y un propulsor cuántico (D-Drive) que consume la radiación espacial y protege a la tripulación de sus efectos.

### Palabras clave

Defensa Espacial, Eurofighter, FCAS, Propulsión cuántica.



DESEi+d 2024-53

## Uso del método Hilaire con el Sol

**Azorín Montesinos, Pedro<sup>1\*</sup>; Casanova Ortega, Daniel<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Escuela Naval Militar (ENM), Buque-Escuela Juan Sebastián de Elcano Armada. Plaza de España, s/n, 36920. Marín, Pontevedra. Correo electrónico: pazomon@gmail.es

<sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa, Academia General Militar. Carretera de Huesca, s/n, 50090. Zaragoza. IUMA, Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009. Zaragoza. Correo electrónico: casanov@unizar.es

\* Autor principal. Correo electrónico: pazomon@gmail.es

### Resumen

En esta comunicación se analiza la aplicación del método de posicionamiento en el mar mediante la intersección de rectas de altura (Marcq St. Hilaire) al Sol. Aunque este método es el usado normalmente con las estrellas, su aplicación con único astro (en este caso el Sol) presenta ciertas restricciones. Estas hacen que, si bien es posible emplearlo, no sea recomendable en la práctica.

Durante la charla, se discutirán las consideraciones necesarias y los aspectos críticos a tener en cuenta para su correcta implementación, a fin de garantizar resultados precisos y fiables.

### Palabras clave

Acimut, Hilaire, Meridiana, Navegación astronómica, Recta altura, Sol.





DESEi+d 2024-88

## Determinación avanzada de actitud y propiedades de objetos espaciales en usos duales

**Gallego, Ángel<sup>1\*</sup>; de Andrés, Adrián<sup>1</sup>; Paulete, Carlos<sup>1</sup>;  
Rubio, Jorge<sup>1</sup>; Tirado, Diego Iván<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> GMV. Calle Isaac Newton n.º 11, 28760. Tres Cantos. Correos electrónicos: [adandres@gmv.com](mailto:adandres@gmv.com), [cpauleteperianez@gmv.com](mailto:cpauleteperianez@gmv.com); [jorge.rubio.anton@gmv.com](mailto:jorge.rubio.anton@gmv.com), [ditirado@gmv.com](mailto:ditirado@gmv.com)

\* Autor principal. Correo electrónico: [agtorrego@gmv.com](mailto:agtorrego@gmv.com)

### Resumen

En el contexto actual de creciente uso del entorno espacial para actividades militares y de Defensa, la caracterización de objetos espaciales no conocidos o de satélites potencialmente hostiles es crucial para entender sus objetivos, y poder evaluar los riesgos que suponen para la seguridad de las operaciones en el Espacio. Esta caracterización va más allá de las capacidades de los tradicionales sistemas de vigilancia espacial, dedicados sobre todo a la catalogación y seguimiento de objetos en el espacio, y permite determinar aspectos como la forma, dimensiones, equipamientos, materiales y orientación de satélites de interés.

Este trabajo presenta una innovadora metodología dual para la caracterización parcial de objetos espaciales, que se realiza en dos etapas: una

primera que permite determinar la forma y dimensiones aproximadas del cuerpo principal, junto con su ley de actitud nominal; y una segunda que permite el seguimiento de los cambios en la orientación del objeto en tiempo casi real, a partir de los datos obtenidos en la primera etapa. Esta segunda etapa es de especial interés para la detección de maniobras intencionadas que puedan suponer una amenaza a activos de interés. El método usa medidas fotométricas del satélite obtenidas desde uno o más telescopios terrestres, y se ha contrastado contra datos simulados y reales de satélites conocidos, aportando los prometedores resultados que aquí se presentan. El uso dual de esta metodología viene por la gran utilidad que también aporta a aplicaciones civiles y comerciales, como la determinación de la orientación de un satélite en caso de contingencias (por ejemplo, en caso de pérdida de comunicación con el satélite), para analizar el comportamiento tras la inyección en órbita por un lanzador, o para dar soporte en actividades de retirada activa de basura espacial.

### Palabras clave

Actitud, Caracterización, Espacial, Fotometría, Satélite, Uso dual.



DESEi+d 2024-120

## El Programa Espacial de la Unión Europea y la Acreditación de la Seguridad

**Gómez, José Antonio<sup>1\*</sup>; Díaz, Antonio<sup>2</sup>, Gamallo, Óscar<sup>1</sup>, Hernando, Carlos<sup>1</sup>, Junquera, Javier<sup>1</sup>, Montarelo, Fernando<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), Carretera de Ajalvir, p.k.4, 28850. Torrejón de Ardoz. Madrid.

<sup>2</sup> Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España (ISDEFE), Calle de Beatriz de Bobadilla n.º 3, 28040. Madrid.

\* Autor principal. Correo electrónico: gomezsj@inta.es

### Resumen

En el actual escenario geopolítico, la seguridad en el ámbito espacial ha adquirido una relevancia sin precedentes, como muestra, la abundancia de referencias incluidas en el propio Reglamento del Programa de Espacio de la Unión Europea [1] y la importancia, cada vez mayor, que se atribuye a su acreditación.

Este artículo presenta los cambios producidos en el tratamiento de la seguridad en el programa, incidiendo en aquellos relativos a la acreditación de sus componentes: Galileo, EGNOS, Copernicus, SSA y Govsatcom, y la reciente iniciativa europea de conectividad segura IRIS<sup>2</sup>.

Se introducen también las nuevas estructuras creadas dentro de la Agencia de la Unión Europea para el Programa Espacial (EUSPA): el Consejo

de Acreditación de Seguridad (SAB) y el Departamento de Acreditación de Seguridad (SADEP).

El SAB desempeña un papel fundamental como autoridad responsable de aprobar la acreditación en la ejecución del programa en lo que respecta a la seguridad de todos sus componentes, y presta apoyo a la comisión en la elaboración de los Requerimientos Generales de Seguridad (GSR) aplicables a cada uno de ellos.

### Palabras clave

Acreditación de seguridad, Consejo de Acreditación de Seguridad (SAB), Departamento de Acreditación de Seguridad (SADEP), Estrategia de Acreditación de Seguridad (SAS), Programa de Espacio de la Unión Europea, Requisitos Generales de Seguridad (GSR).





DESEi+d 2024-128

## **ANSER, Programa de Constelaciones de Pequeños Satélites**

**Rodriguez, Santiago<sup>1\*</sup>; Arza, Cesar<sup>1</sup>; Campuzano, Carlos<sup>1</sup>; Muñoz, Elisa<sup>1</sup>; Rodriguez, Jose Antonio<sup>1</sup>; Encinas, Jose Miguel<sup>1</sup>, De Mingo, Jose Ramón<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Estebas Terradas (INTA). Km 4, carretera de Ajalvir, 28850. Torrejón de Ardoz. Correo electrónico: [inta@inta.es](mailto:inta@inta.es)

\* Autor principal. Correo electrónico: [rodriguez@inta.es](mailto:rodriguez@inta.es)

### **Resumen**

El programa de Constelaciones de Pequeños Satélites se inicia en 2018 como proyecto interno del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). El objetivo de este programa es desarrollar la tecnología necesaria para dotar a las pequeñas plataformas espaciales de la capacidad de abordar el desarrollo de misiones de alta complejidad. Se rompen así las limitaciones propias de los pequeños satélites derivadas de su reducido volumen, masa, potencia, fiabilidad y capacidad de operación de grandes instrumentos. Al mismo tiempo, se mantienen intactas las innegables ventajas de estas plataformas, muchas de ellas derivadas del uso eficiente del New-Space, como son: su bajo coste, el acceso directo a componentes y unidades COTS, la disponibilidad de estándares asumidos globalmente,

nueva y pujante industria nacional y acceso sencillo a múltiples lanzamientos.

Las dos primeras misiones del programa ANSER (*Advanced Nanosatellite Systems for Earth observation Research*) son dos de observación de la Tierra: ANSER-WQ, para monitorización de la calidad de agua continental, y ANSER-AT, para el estudio y monitorización de la atmósfera terrestre, diseñada con el objetivo de disponer de parámetros que definen la calidad de aire en los núcleos urbanos y puntos de interés a lo largo del territorio español, así como la medida de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>) polar.

ANSER-WQ, formada por tres 3U-CubeSats de 3,4 kg de masa, fue puesta en órbita el pasado mes de octubre. Se encuentra en operación nominal.

ANSER-AT, formada por cuatro 6U-CubeSats de menos de 6 kg, se encuentra en fase de producción y estará disponible para lanzamiento a final de 2025.

En ambos casos se trata de *clusters* de satélites que operan de forma coordinada, manteniendo controlada las distancias y geometría de vuelo en formación (FFC), mediante técnicas de control basadas en maniobras del tipo *differential lift & drag*.

## Palabras clave

Anser, *Cluster*, CubeSat, Constelaciones.



DESEi+d 2024-131

## Propuesta de arquetipo para el modelado de amenazas en sistemas espaciales

**Junquera Sánchez, Javier<sup>1\*</sup>; Hernando Ramiro, Carlos<sup>1</sup>;  
Gamallo Palomares, Óscar<sup>1</sup>; Gómez Sánchez, José Antonio<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> INTA. Carretera de Ajalvir, km 4, 28850. Torrejón de Ardoz, Madrid. Correo electrónico: comunicacion@inta.es

\* Autor principal. Correo electrónico: jjunsan@inta.es

### Resumen

A tenor de las distintas normativas y estrategias publicadas durante los últimos años, en especial en relación con el Programa Espacial de la Unión Europea, la seguridad de los sistemas espaciales está fuertemente vinculada con la protección y la defensa de la sociedad de una manera bidireccional: por un lado, el funcionamiento de estos depende en gran medida de sistemas de información terrestres; por otro, cualquier degradación en los servicios que proveen (ejemplo, navegación, comunicaciones, etc.) tendría un gran impacto en nuestro día a día.

Siguiendo metodologías clásicas de modelado de amenazas, esta investigación pretende definir un arquetipo que sirva de soporte para futuros desarrollos de seguridad para sistemas espaciales. Analizando los componentes y servicios más habituales, sus interrelaciones, y el panorama de

amenazas, el modelo propuesto contempla también fuentes de contramedidas para implementar la gestión de riesgos.

### **Palabras clave**

Ciberseguridad, Comunicaciones seguras, Satélites, Seguridad de la información.



DESEi+d 2024-137

## Optimización del diseño y operación de un motor *scramjet* para propulsión hipersónica mediante métodos numéricos

**Romero Arroyo, Miguel Ángel<sup>1\*</sup>; Jenaro de Mencos, Guillermo<sup>1</sup>; Cuadra Lara, Alberto<sup>2</sup>; Huete Ruiz de Lira, César<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Escuela Politécnica Superior del Ejército (ESPOL). Calle Joaquín Costa n.º 6, 28006. Madrid. Correo electrónico: mromar1@mde.es

<sup>2</sup> Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Av. de la Universidad, s/n, 28911. Leganés. Correo electrónico: chuete@ing.uc3m.es

\* Autor principal. Correo electrónico: mromar1@mde.es

### Resumen

En este trabajo se presenta una metodología para el diseño de la entrada de un motor *scramjet* bidimensional de compresión mixta.

El diseño se basa en las condiciones requeridas a la entrada de la cámara de combustión para quemar hidrógeno espontáneamente a velocidad supersónica. Se considera el aire como un gas ideal, con calor específico variable con la temperatura, sin efectos viscosos. Se adopta el criterio de choques de misma intensidad, basado en el componente normal de la velocidad del flujo. Los ángulos de las ondas generadas por las tres

rampas de compresión del motor responderán a un modelo basado en las ecuaciones de conservación, que considerará la variación del coeficiente adiabático del aire con la temperatura. Este modelo será validado haciendo uso de Combustion Toolbox y ANSYS Fluent.

Finalmente, se simulará la geometría diseñada en ANSYS Fluent, en el punto de diseño para analizar cómo influye la variación del calor específico del aire en el diseño y su operación.

### Palabras clave

CFD, Modelos numéricos, Optimización, Régimen hipersónico, *Scramjet*, Simulación.



DESEi+d 2024-157

## Estudio de una carga útil óptica para misiones VLEO para Defensa y Seguridad

**Massimiani, Marta<sup>1\*</sup>; Lavín, Cristina<sup>1</sup>; Mariño, Fernando<sup>1</sup>,  
Fabrizi, Roberto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> SATLANTIS MICROSATS S. A. Edificio SEDE, Parque Científico, Campus UPV-EHU, 48940. Leioa. Correo electrónico: [info@satlantis.com](mailto:info@satlantis.com)

\* Autor principal. Correo electrónico: [massimiani@satlantis.com](mailto:massimiani@satlantis.com)

### Resumen

Las misiones en órbita terrestre muy baja (VLEO) ofrecen diferentes ventajas para aplicaciones críticas como las de Defensa y Seguridad, por el potencial de mejora en los ámbitos de observación de la Tierra y telecomunicaciones. No obstante, el ambiente de orbitas VLEO presenta varios desafíos que imponen la realización de estudios y la adopción de medidas específicos a nivel tanto tecnológico como operacional.

En los últimos años, los desarrollos, a nivel de ingeniería, y la dedicación de recursos, por parte de instituciones y empresas en varios países, han permitido alcanzar avances importantes, lo cual está impulsando nuevas iniciativas. Entre ellas, cabe destacar el proyecto aprobado por la Agencia Europea de Defensa (EDA) a través del mecanismo HEDI para la innovación en Defensa, cuyo objetivo es fomentar la investigación y el desarrollo de misiones en orbitas VLEO.

SATLANTIS, como miembro de uno de los consorcios beneficiarios de dicha iniciativa, pretende estudiar la viabilidad de desarrollar una carga útil óptica para misiones en orbitas VLEO, adaptando tecnologías existentes a las limitaciones impuestas por el ambiente específico VLEO, considerando al mismo tiempo los requisitos de los usuarios de Defensa.

Este trabajo introduce los conceptos y elementos fundamentales de las misiones VLEO —del punto de vista de la carga útil óptica—, y las actividades a desarrollar dentro del proyecto.

### Palabras clave

Sensores, EDA, ISR, VLEO.



DESE

Área 9

Combatiente







DESEi+d 2024-58

## Evaluación de la laxitud de rodilla en personal militar del Ejército Español

Vauhnik, Renata<sup>1\*</sup>, Zuil-Escobar Juan Carlos<sup>2</sup>, Martínez-Cepa Carmen Belén<sup>2</sup> Sanz-Bustillo-Aguirre Beatriz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *University of Ljubljana Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana, Eslovenia. Correo electrónico: renata.vauhnik@zf.uni-lj.si*

<sup>2</sup> *Departamento de Fisioterapia, Facultad de Medicina, Universidad San Pablo-CEU, CEU Universities, Urbanización Montepríncipe, 28660 Boadilla del Monte, España. Correo electrónico: jczuil@ceu.es, cmcepa@ceu.es*

<sup>3</sup> *O.C. Ministerio de Defensa de España, Madrid, España, Paseo de la Castellana 109, 28046, Madrid, España. Correo electrónico: bsanagu@mde.es*

\* Autor principal. Correo electrónico: renata.vauhnik@zf.uni-lj.si

### Resumen

El aumento de la laxitud anterior de la rodilla es un factor de riesgo de lesiones traumáticas y del ligamento cruzado anterior de la rodilla. Los artrómetros se utilizan para evaluar su laxitud y la integridad de sus ligamentos. La evaluación de la laxitud de la rodilla es una parte crucial del examen clínico.

En la investigación presentada, la laxitud de la rodilla se evaluó con el artrómetro DYNEELAX, examinándose las dos rodillas de cien alumnos de la Academia de Infantería del Ejército de Tierra (Toledo). Se evaluaron la

traslación anterior y las rotaciones interna y externa de la tibia. Cabe destacar que doce participantes del total de voluntarios presentaron al menos un valor fuera de la normalidad en alguna de las dos variables estudiadas (diferencia entre rodillas y rigidez) en alguno de los tres movimientos evaluados (traslación anterior, rotación interna y rotación externa). Dos de los participantes presentaron valores fuera de la normalidad en dos de los movimientos evaluados. Conocer qué militares corren un mayor riesgo de sufrir lesiones de rodilla es crucial para la prevención de dichas lesiones, lo que redundará en la mejora de la operatividad y capacidad de combate de la unidad en su conjunto.

Con la evaluación de la laxitud de la rodilla, los alumnos han obtenido la información relacionada con la integridad de los ligamentos de la rodilla y la información relativa a su riesgo de lesión.

Estas personas pueden realizar un programa de ejercicios que se sabe que disminuye el riesgo de lesiones de rodilla y fortalece los ligamentos de estas, principalmente el ligamento cruzado anterior. Un ejemplo de este tipo de ejercicios se ha añadido al informe individual que cada persona recibió. Es muy importante que este tipo de ejercicios se realicen de forma correcta y sean supervisados por personal especializado.

## Palabras clave

Evaluación de rodilla, Factores de riesgo, Lesiones de rodilla, Prevención.



DESEi+d 2024-114

## Proyecto Cerauxet: investigación y desarrollo de estructuras auxéticas de polietileno como *backing* y soporte de cerámicas de alto rendimiento obtenidas por nuevos procesos

Gisbert, José<sup>1\*</sup>; Guraya, Cristina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Asociación de la investigación textil (AITEX). Carretera Banyeres n.º 10, 03802. Alcoy. Correo electrónico: [info@aitex.es](mailto:info@aitex.es)

<sup>2</sup> Fundación TECNALIA research & innovation (TECNALIA). Parque Científico y Tecnológico de Gipuzkoa, Mikeletegi Pasealekua, n.º 7, 20009. Donostia. Correo electrónico: [info@tecnalia.com](mailto:info@tecnalia.com)

\* Autor principal. Correo electrónico: [jgisbert@aitex.es](mailto:jgisbert@aitex.es)

### Resumen

El proyecto CERAUXET está enmarcado en el Programa EN 9922 Combatiente del Futuro y apoyado por la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación, con número de expediente 2022/SP03390102/00000691E. Este proyecto tiene una duración de veinticuatro meses, habiendo empezado el 30 de octubre de 2022.

El objeto de este proyecto es la obtención de un chaleco de protección balística ICW (*In Conjunction With*) más ligero (<38 kg/m<sup>2</sup>), compuesto por una combinación de panel flexible en conjunción con panel rígido, separables para poder adaptar el nivel de protección al teórico nivel de la

amenaza, permitiendo incrementar la superficie y el grado de protección de los soldados de las Fuerzas Armadas.

Se han desarrollado dos tipos de protecciones balísticas: por una parte, chalecos flexibles que cumplen con los requerimientos de la Norma NIJ 0101.06, en su nivel IIIA, tanto para bala de 9 mm como para la de .44MG, conformados por tejidos de calada de p-aramida y UHMWPE, junto con tejidos de género punto de triple capa para su parte anterior. Por otra parte, sistemas híbridos compuestos por cerámicas sobre *backings* de UHMWPE en los que se integren estructuras auxéticas. Dichos sistemas híbridos, junto con los chalecos flexibles, formarán una protección balística que cumplen con el requerimiento de nivel IV de la misma normativa NIJ 0101.06 y con capacidad de recibir varios disparos.

El chaleco, además cuenta con protección contra arma blanca, según la norma HOSDB 2007:

- Resistencia a una cuchilla P1/B, con una energía de impacto de 24 J.
- Resistencia a un punzón SP/B, con una energía de impacto de 24 J.
- También, según la norma NIJ 0115.00, resistencia a una cuchilla S1/G, con una energía de impacto de 24 J.

## Palabras clave

Auxético, Balística, Cerámicas, ICW, Ligereza, Tejidos.

DESE

Área 10  
NRBQe

i + c







DESEi+d 2024-36

## Combinando materiales nanoestructurados para la detección de agentes químicos de guerra: una aproximación teórica.

Urbiztondo Castro, Miguel<sup>1\*</sup>; Oscar de la Iglesia<sup>1</sup>; Hamad, Said<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa (CUD). Carretera de Huesca, s/n, 50090. Zaragoza. Correo electrónico: urbiz@unizar.es

<sup>2</sup> Departamento de física, química y sistemas naturales, Universidad Pablo de Olavide. Carretera de Utrera km 1, 41013. Sevilla. Correo electrónico: said@upo.es

\* Autor principal. Correo electrónico: urbiz@unizar.es.

### Resumen

En el contexto actual de crecientes amenazas a la seguridad nacional, la detección precisa y eficiente de agentes químicos y explosivos es una prioridad urgente. Este estudio aborda esta necesidad crítica mediante la evaluación de diversos materiales porosos, incluyendo *Metal-Organic Frameworks* (MOF) y zeolitas, en la detección de analitos peligrosos.

Utilizando simulaciones computacionales avanzadas, hemos investigado las capacidades de adsorción y las energías de adsorción de estos materiales en presencia y ausencia de agua, proporcionando una comprensión profunda de sus afinidades químicas y capacidades de detección. Nues-

tros resultados revelan que materiales como el ZIF-6 y el Cu-BTC destacan por sus altas capacidades de adsorción y energías de adsorción, lo que los convierte en candidatos ideales para la detección de agentes nerviosos como el sarin y el soman, así como de precursores de explosivos como el nitrobenzeno.

A través de una meticulosa comparación de isotermas de adsorción y perfiles energéticos, hemos identificado las configuraciones de materiales que ofrecen la mayor selectividad y sensibilidad para cada analito. Este trabajo no solo cierra la brecha entre los experimentos realizados con simulantes y aquellos con agentes reales, sino que también proporciona una guía valiosa para los investigadores en el campo de la detección de gases peligrosos.

Mediante el uso de matrices de comparación, se demuestra la posibilidad de identificar combinaciones de dos materiales que permiten la detección inequívoca de cada analito en presencia de otros compuestos. Este enfoque innovador y detallado ofrece una hoja de ruta para el desarrollo de sensores más efectivos y específicos, que son esenciales para mejorar las estrategias de seguridad y respuesta ante amenazas.

## Palabras clave

Agentes de guerra químicos, Detección de gases, Materiales nanoestructurados, MOF.



DESEi+d 2024-39

## Evaluación de la protección NBQ de vehículos militares

**Arias Abuín, Javier Marcelino<sup>1</sup>; Pastor Galafat, Nicolás<sup>1</sup>;  
Cordero Seva, María Luisa<sup>1</sup>; Rubio Revuelta, Gabriel<sup>1</sup>;  
Gómez Caballero, María Esther<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> INTA-La Marañosa. Crta M-301 km 10, 28330. San Martín de la Vega.

Arias Abuín, Javier Marcelino. Correo electrónico: [ariasajm@inta.es](mailto:ariasajm@inta.es)

Gómez Caballero, María Esther. Correo electrónico: [gomezcme@inta.es](mailto:gomezcme@inta.es)

### Resumen

Se describe el procedimiento utilizado para realizar la evaluación de la protección NBQ de vehículos militares. Los aspectos fundamentales a evaluar son la eficacia de la filtración del aire exterior por parte del filtro NBQ instalado en el vehículo, la estanqueidad de este frente a gases/vapores y el mantenimiento de un nivel adecuado de sobrepresión en el habitáculo interior del vehículo.

Adicionalmente, se evalúan la resistencia de la pintura del vehículo frente a agentes químicos y descontaminantes NBQ en forma líquida, así como la calidad del aire del habitáculo interior del mismo, todo ello en unas condiciones lo más parecidas posible a las operativas.

El procedimiento descrito se ha aplicado a los vehículos militares VCR (Vehículo de Combate sobre Ruedas) 8x8 Dragón y al Vehículo de reconocimiento NBQ Pitón.

La norma OTAN/AEP-54 (Protección colectiva NBQ) es la referencia básica.

### **Palabras clave**

Carbón activo, Filtración, NBQ, Protección, Pitón, VCR 8x8.



DESEi+d 2024-82

## Estudio de estabilidad de soportes de silicio como superficie de inmunocaptura en biosensores *on-site*

**Peraile, Inés<sup>\*1</sup>; Lorenzo-Lozano, Paloma<sup>1</sup>; Dabbagh-Escalante, Nushin Alba<sup>2</sup>, García-Martínez, Sergio<sup>2</sup>; Martín-Vallejo Lydia<sup>1</sup>; Cabria-Ramos, Juan Carlos<sup>1</sup>; Gil-García, Matilde<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Área de Defensa Biológica. Departamento de Sistemas de Defensa NBQ. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas (INTA), carretera M-301, km 10,5, 28330. San Martín de la Vega, Madrid.

<sup>2</sup> ALTEN - Parque Empresarial Cristalia, vía de los Poblados n.º 3, edificio 5, Planta 2, 28033. Madrid.

\* Autor principal. Correo electrónico: ipermun@inta.es

### Resumen

El uso de agentes de guerra biológica supone un gran problema de seguridad a nivel nacional e internacional. La identificación precoz es crucial para la toma de decisiones y las actuaciones inmediatas que permitan mitigar la amenaza. En este sentido, la inmunodetección confiere la rapidez y especificidad necesarias. También se requiere que estos sistemas de detección e identificación temprana de agentes biológicos, además de

rápidos y específicos, sean sensibles, miniaturizables, de fácil uso y bajo coste.

En este sentido, la investigación se dirige actualmente hacia el desarrollo de los denominados dispositivos *lab-on-a-chip* (LOC) y su combinación con un método de sensado adecuado, siendo la tecnología óptica/fotónica una de las principales candidatas. La superficie del LOC ha de ser, entonces, tanto idónea para el sensado fotónico como adecuada para la correcta inmovilización del sistema de inmunocaptura seleccionado.

El Área de Defensa Biológica del Departamento de Sistemas de Defensa NBQ de la Subdirección General de Sistemas Terrestres del INTA, ha desarrollado un modelo de inmunocaptura para la identificación de *Vibrio cholerae*, a través de la detección de sus factores de virulencia, implementable en superficies miniaturizadas de silicio recubiertas con  $\text{TiO}_2$ , aptas para el sensado fotónico. Además, ha realizado estudios de estabilidad, confirmando que estas superficies confieren al sistema de inmunocaptura más estabilidad, aumentando así la vida útil y la robustez del dispositivo de detección e identificación final.

## Palabras clave

Agente biológico, Anticuerpo, Fotónica, Guerra biológica, Inmunodetección, *Lab-on-chip*.

DESE

Área II

Tecnologías de  
la información,  
comunicaciones  
y simulación







DESEi+d 2024-I

# Dinámica de estrategias en la confrontación de enjambres de drones

de Curtò, Joaquim\*<sup>1, 2</sup>; de Zarzà, Irene<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Barcelona Supercomputing Center* - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), 08034. Barcelona, España.

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), Universidad Pontificia Comillas, 28015. Madrid, España.

<sup>3</sup> Escuela Politécnica Superior, Universidad Francisco de Vitoria, Pozuelo de Alarcón, 28223. Madrid, España.

\* Autor principal. Correo electrónico: [jdecurto@bsc.es](mailto:jdecurto@bsc.es)

## Resumen

El estudio de las dinámicas de estrategias y la confrontación de enjambres de drones representan un área de investigación en rápida evolución, en particular en las aplicaciones militares y de seguridad.

Este artículo explora la aplicación de la teoría de juegos para modelar y analizar las interacciones estratégicas entre enjambres de drones en confrontación. Se presenta un marco de simulación integral que integra conceptos avanzados de teoría de juegos, específicamente el equilibrio de Nash, para predecir y optimizar los resultados de las confrontaciones de enjambres de drones.

El modelo aprovecha una matriz de *payoff* dinámica, que tiene en cuenta las diferentes capacidades y objetivos de cada dron dentro del enjambre, las influencias ambientales y las decisiones estratégicas tomadas en cada etapa.

Utilizando una serie de algoritmos de teoría de juegos se demuestra cómo las diferentes elecciones estratégicas impactan la efectividad general y la capacidad de supervivencia de los enjambres de drones. Los resultados resaltan la complejidad de la toma de decisiones estratégicas en las operaciones con drones y subrayan el potencial de la teoría de juegos para proporcionar información sobre estrategias óptimas.

### Palabras clave

Teoría de juegos, Equilibrio de Nash, Análisis táctico.



DESEi+d 2024-2

# Batalla de Bakhmut. Una aplicación del modelo predictivo en la caracterización de la estrategia

Minguela Castro, Gerardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Isdefe, Dirección de Modernización Tecnológica y Transformación Digital. Calle Beatriz de Bobadilla n.º 3, 28040. Madrid. Correo electrónico: gminguela@isdefe.es

## Resumen

Los ejércitos siempre han sentido la necesidad de basar sus decisiones en métodos probados que tratan de proporcionar al mando alternativas en el proceso de toma de decisiones, desde la optimización de las operaciones hasta la evaluación estratégica y la economía de costes.

El extraordinario desarrollo tecnológico que estamos experimentando establece nuevas formas, como el «algoritmo de guerra», resultado de la combinación de la inteligencia artificial y las capacidades militares. Es el algoritmo que está detrás de la capacidad predictiva, del comportamiento de los sistemas autónomos o de la ayuda a la toma de decisiones, entre otros, y por el que se obtiene ventaja militar.

Este trabajo propone un modelo que proporciona la «capacidad predictiva» al «algoritmo de guerra», en el apoyo a la decisión y en la evaluación de los escenarios de batalla en los niveles de mando estratégico y el ope-

rativo terrestre, recurriendo a la evolución de los niveles de fuerzas de combate, comúnmente denominado desgaste, como mecanismo de evaluación de las decisiones.

### **Palabras clave**

Modelos de combate, Simulación, Sistema de apoyo a la decisión.



DESEi+d 2024-3

## Láser de puntos cuánticos III-V para la integración de fuentes de luz en silicio

**Cruz Hernández, Francisco Javier**

Tecnobit – Grupo Oesía (TGO). Calle Marie Curie n.º 17, 28521. Rivas-Vaciamadrid. Correo electrónico: [fjcruz@oesia.com](mailto:fjcruz@oesia.com)

### Resumen

Uno de los desafíos a los que se enfrenta la industria de circuitos integrados fotónicos es integrar láseres directamente en silicio.

Las plataformas principales para circuitos integrados fotónicos son fosforo de indio (InP) y fotónica de silicio (Si). La plataforma InP ofrece integración de la *suite* completa de componentes fotónicos, incluidos activos y pasivos, pero con mayores pérdidas que el silicio. Si bien la fotónica de silicio ofrece compatibilidad con los procesos CMOS, carece de la capacidad para implementar componentes activos.

Frente a la integración híbrida o heterogénea de ambas plataformas, otra vía es el crecimiento epitaxial directo III-V/Si para la integración fotónica.

Sin embargo, la diferencia de propiedades entre III-V y Si en aspectos tales como la constante de red, el coeficiente de expansión térmica y la

polaridad, introduce una alta densidad de diversos defectos durante el crecimiento de III-V en Si.

Para lograr el rendimiento y la fiabilidad de los láseres cultivados en sustratos nativos III-V, se han adoptado regiones activas de puntos cuánticos en lugar de pozos cuánticos. Los puntos cuánticos presentan una mayor tolerancia a los defectos cristalinos que los pozos cuánticos.

Empleando puntos cuánticos de InAs/InAlGaAs, como medio de ganancia y superred de capa tensada InGaAs/InP para la reducción de defectos, cultivados epitaxialmente mediante MBE en silicio (001) CMOS estándar, es viable implementar diodos láser.

### Palabras clave

Circuito integrado fotónico, Fotónica de silicio, Heteroepitaxia, Láser, Puntos cuánticos, Semiconductores.



DESEi+d 2024-5

# Algoritmos de coordinación por radio definida por *software* en simulaciones de combate de múltiples entidades

de Curtò, Joaquim<sup>\*1, 2</sup>; Modesto, David<sup>1</sup>; Farnós, Joan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Barcelona Supercomputing Center* - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), 08034. Barcelona, España.

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), Universidad Pontificia Comillas, 28015. Madrid, España.

\* Autor principal. Correo electrónico: [jdecurto@bsc.es](mailto:jdecurto@bsc.es)

## Resumen

Este estudio explora el desarrollo y la eficacia de algoritmos de radio definida por *software* en el contexto de simulaciones de combate de múltiples entidades.

Utilizando un entorno de simulación dinámico, se incorporan varias clases de entidades, incluidos drones, estaciones, tanques y barcos, cada uno equipado con capacidades operativas y roles de combate específicos. Estas entidades están organizadas en enjambres distintos, donde la coordinación dentro del enjambre se facilita a través de comunicaciones de radio definida por *software*, lo que permite la formulación de estrategias adaptativas en tiempo real y la asignación de tareas entre unidades.

El núcleo del marco de simulación gira en torno al comportamiento inteligente modelado en drones, que son capaces de diferenciar roles (líder o seguidor) y ejecutar tareas y posicionamiento estratégico, en función del contexto y los objetivos operativos.

El sistema de radio definida por *software* dentro de cada dron permite mejorar la conciencia situacional y los procesos de toma de decisiones al permitir que las entidades dentro de un enjambre compartan datos tácticos, coordinen movimientos y optimicen la efectividad del combate contra las fuerzas enemigas. A través de una serie de experimentos, se evalúa el desempeño de estos algoritmos de coordinación en varios escenarios de conflicto, midiendo la efectividad en términos de control situacional, supervivencia de la entidad y resultados exitosos.

Esta investigación no solo avanza en la comprensión de la coordinación automatizada en simulaciones militarizadas, sino que también abre vías para aplicar estos conocimientos a escenarios del mundo real donde la coordinación de múltiples agentes es crítica en condiciones adversas.

## Palabras clave

Sistemas de radio definida por *software*, Coordinación multiagente, Simulación de combate, Drones autónomos.





DESEi+d 2024-9

## **SIAAMETOC-OM: desarrollo de un sistema operativo de apoyo metoceanográfico durante operaciones navales**

**Ortega, Alejandro<sup>1\*</sup>; Lacida, Ana<sup>1</sup>; Morales, Antonio<sup>1</sup>; González, Carlos José<sup>1</sup>; Ramos, Rodolfo<sup>1</sup>; Díaz-Hernández, Gabriel<sup>2</sup>; González, Alejandro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), Sección de Apoyo Naval. Plaza San Severiano 3, 11007. Cádiz. Correo electrónico: ihmesp@fn.mde.es

<sup>2</sup> Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria (IH Cantabria). Calle Isabel Torres, n.º 15 – PCTCAN, 39011. Cantabria. Correo electrónico: info@ihcantabria.com

\* Autor principal. Correo electrónico: aortfel@fn.mde.es

### **Resumen**

SIAAMETOC-OM es una herramienta de asesoramiento al mando a nivel táctico para las operaciones navales en el apoyo GEOMETOC, con la finalidad de generar productos específicos para las operaciones navales a partir de fuentes metoceanográficas oficiales, y que permiten abarcar, desde la información climática (HINDCAST), las fases de planeamiento, como predicción (FORECAST) en la ejecución de las operaciones.

Las características del sistema incluyen alta automatización, flexibilidad y robustez, lo que lo habilitan para ser integrado en las redes clasificadas

militares dentro de un ámbito de acción global, aspecto fundamental del carácter expedicionario de las operaciones navales.

### **Palabras clave**

Apoyo GEOMETOC, Diagnósis/predicción metoceanográfica, Modelado numérico, Oceanografía operacional.



DESEi+d 2024-16

## Optimización de redes tácticas

**Forteza Esteban, Juan José<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> UC3M, Thales España Sistemas. Calle Diego Marín Aguilera, n.º 1, 28919. Leganés, Madrid.

\* Autor principal. Correo electrónico: [juanjose.forteza@thalesgroup.com](mailto:juanjose.forteza@thalesgroup.com)

### Resumen

Las nuevas redes tácticas de comunicaciones construidas con radios definidas por *software* (SDR) y multibanda ofrecen la posibilidad de mejorar el rendimiento de las mismas, mejorando la capacidad y la latencia. Sin embargo, la convivencia de equipos multibanda, VHF y UHF, multicanales y monocanales hacen más difícil la gestión del enrutamiento y es necesario implementar algoritmos que ajusten las necesidades operativas de los usuarios a la topología del despliegue. Los despliegues operativos son dinámicos y las condiciones de los mismos cambian con rapidez y, para garantizar el rendimiento, es necesario asegurar el ajuste de la red dinámicamente.

### Palabras clave

MANET, Multibanda, Redes Tácticas, Enrutamiento.





DESEi+d 2024-20

## Hacia una Europa de la Defensa: concepto de una red federada para la comunicación entre sistemas logísticos militares y civiles (Fedlogit Network)

**Rodríguez, Raul<sup>1\*</sup>; Muñoz, María<sup>2</sup>; Barriuso, Javier<sup>3</sup>; Aparicio, Luis Miguel<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> ISDEFE. Calle Beatriz de Bobadilla, n.º 3, 28040. Madrid. Correo electrónico: rrodriguez@isdefe.es

<sup>2</sup> ISDEFE. Calle Beatriz de Bobadilla n.º 3, 28040. Madrid. Correo electrónico: mmromero@isdefe.es

<sup>3</sup> ISDEFE. Calle Beatriz de Bobadilla, n.º 3, 28040. Madrid. Correo electrónico: jbarriuso@isdefe.es

<sup>4</sup> ISDEFE. Calle Beatriz de Bobadilla n.º 3, 28040. Madrid. Correo electrónico: laparicio@isdefe.es

\* Autor principal. Correo electrónico: rrodriguez@isdefe.es

### Resumen

Actualmente no existe comunicación directa entre los sistemas de información logística de las fuerzas armadas de los países de la Unión Europea (UE), ni tampoco con los operadores logísticos comerciales (CLO), más allá de aplicaciones propias de OTAN que actúan como herramientas de planificación y seguimiento conjunto de operaciones militares.

En el marco actual de creciente inestabilidad en las fronteras de la UE, se hace necesario afrontar, de manera coordinada, los despliegues militares

que puedan dar respuesta a las crisis militares y humanitarias. Para ello, se requiere la definición conceptual de una arquitectura capaz de soportar el intercambio de información logística entre los países, establecer los protocolos y estándares de intercambio, identificar datos comunes a compartir, y todo ello a través de comunicaciones seguras tanto en entornos clasificados como no clasificados. Este concepto se ha traducido en el diseño de la Red Logística Federada (*FedLogIT Network*).

Se han investigado las características de los sistemas logísticos de los países y organizaciones involucradas, los procesos y subprocesos logísticos a soportar, así como los aspectos de seguridad necesarios para asegurar el cumplimiento de las medidas de ciberseguridad. Basado en dichos hallazgos, se han elaborado requisitos de alto nivel para diseñar esta *FedLogIT Network*. Como resultado, se ha obtenido un modelo conceptual de arquitectura, basado en taxonomía OTAN, para describir sus componentes y estructurar el alcance del concepto propuesto.

Este proyecto ha sido liderado por la *European Defence Agency* (EDA) en colaboración con Ingeniería de Sistemas para la Defensa (Isdefe), dentro del marco de mejoras logísticas en apoyo a los despliegues militares liderados por la UE.

## Palabras clave

Arquitectura, Ciberseguridad, Comunicaciones, Despliegues Militares, Logística, Sistemas de información.



DESEi+d 2024-24

## Transmisión y recepción de imágenes vía Link-16

Bermejo Higuera, Javier<sup>1\*</sup>; Álvarez García, Juan<sup>1</sup>; Cruz  
Aguado, Cristina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICS), Subdirección de Sistemas Terrestres, INTA: Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas. Carretera M301, km 10.5, edificio 10. La Marañosa, 28330. San Martín de la Vega, Madrid, España. Correos electrónicos: bermejohj@inta.es, alvarezgj@inta.es

<sup>2</sup> Ingeniería de Sistemas para la Defensa (ISDEFE). Calle Beatriz de Bobadilla, n.º 3. 28040. Madrid, España. Correo electrónico: ccruz@idefe.es

\* Autor principal. Correo electrónico: bermejohj@inta.es

### Resumen

El estándar de comunicaciones tácticas Link-16 utiliza como equipo de comunicaciones el terminal MIDS (*Multifunctional Information Distribution System*). Este equipo ha sufrido en los últimos años una remodelación bastante profunda y una de las mejoras ha sido, fundamentalmente, el aumento considerable del ancho de banda en la comunicación. Esto ha permitido a los distintos países OTAN plantearse el integrar en sus plataformas la capacidad de transmisión y recepción de imágenes a través de Link-16.

España ha sido uno de los países pioneros en decidirse por la implementación de esta nueva capacidad.

En el presente artículo se presenta la investigación, desarrollo e implementación de la capacidad de transmisión y recepción de imágenes Link-16 en la herramienta Evalink-16, desarrollada por la Subdirección General de Sistemas Terrestres del INTA. También se detalla el escenario real Link-16 configurado para probar dicha capacidad y se muestran los resultados obtenidos. Hay que indicar que, en la actualidad, a nivel mundial solo dos países, entre ellos España, tienen implementada esa capacidad.

### **Palabras clave**

Comunicaciones tácticas, Link-16, Trasmisión de imágenes.





DESEi+d 2024-45

## Control de flotas de drones mediante sistemas chatbot de inteligencia artificial

**Díaz del Río Mancheño, Jose Ignacio<sup>1\*</sup>; Díaz Cuesta, Martín<sup>2</sup>,  
Vega Vera, Carlos Jesús<sup>3</sup>, Yenes Gallego, José Ignacio<sup>4</sup>,  
Ventura Soto, Sebastián<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Escuela politécnica superior del ejército (ESPOL), calle Joaquín Costa n.º 6, 28006. Madrid. Correo electrónico: joseignacio.diazma@gmail.com

<sup>2, 3 y 4</sup> Escuela politécnica superior del ejército (ESPOL), calle Joaquín Costa n.º 6, 28006. Madrid. Correos electrónicos: mdiacul@et.mde.es, cvegver@et.mde.es, jyengal@et.mde.es

<sup>5</sup> Universidad de Córdoba, 14071. Córdoba. Correo electrónico: sventura@uco.es

\* Autor principal.

### Resumen

Los algoritmos de inteligencia artificial (en adelante IA) suponen un salto cualitativo en el apoyo al desarrollo de tareas complejas la programación de misiones de vigilancia para vehículos aéreos no tripulados (UAV por sus siglas en inglés, *unmanned aerial vehicle*). Para ello, se ha creado un entorno de simulación virtual con el *software* AirSim de Microsoft en el motor de UnrealEngine. A través de una interfaz de programación de aplicaciones (API por sus siglas en inglés, *application programming interface*) se establece una comunicación con la herramienta chatGPT de la empresa openAI. EL objetivo es tratar de encontrar, a través de un método de cál-

culo adecuado, la forma en la que la IA puede ayudar a optimizar el diseño de misiones de vuelo, y estudiar sus limitaciones y potencial a futuro.

### Palabras clave

AirSim, ChatGPT, Drones, Lenguaje natural, LLMs, *Open Source*.



DESEi+d 2024-50

# Evolución semántica de una estructura de desglose de alcance de un sistema de armas a un conjunto de datos abiertos

De Pedro Cibanal, Manuel Ángel<sup>1\*</sup>; García Cabeza, Miguel Ángel<sup>1</sup>; Fernández Gavilanes, Milagros<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MDEF\SEDEF\DIGENECO\SGD CONTRA\GEC. Calle Joaquín Costa n.º 6. C.P. 28002. Madrid. Correo electrónico: sdgcontratacion@oc.mde.es

<sup>2</sup> MDEF\CUD.UVIGO. Escuela Naval Militar, plaza de España, s/n, 36920. Marín, Pontevedra.

\* Autor principal. Correos electrónicos: mdepcib@ea.mde.es, mcabgar@et.mde.es, mfgavilanes@cud.uvigo.es

## Resumen

La creación de una Estructura de Desglose de Alcance (EDA) de un Sistema de Armas, denominada *Work Breakdown Structure* (WBS), es un proceso fundamental para la gestión eficiente y efectiva del alcance de proyectos relacionados con la industria de Defensa. En este artículo se describirá un caso práctico original, donde se explora la viabilidad de desarrollar un conjunto de datos abiertos, de una EDA/WBS de un sistema de armas extraída de publicaciones del Departamento de Defensa estadounidense, a través del uso del lenguaje ArchiMate<sup>®</sup>. Este lenguaje es un estándar usado para la creación de modelos de arquitecturas empresariales, de arquitecturas a nivel de capacidad y arquitecturas a nivel

de programa/proyecto en el marco de referencia de arquitecturas OTAN (NAFv4) y se usará con un doble objetivo: demostrar si puede cumplir con las características del modelo de cinco estrellas de datos abiertos y ofrecer, a su vez, una nueva manera de documentar proyectos para su posible aplicación en el Ministerio de Defensa español.

### Palabras clave

Archimate, Arquitectura empresarial, Estructura de desglose de alcance, EDA, *Open data*, Datos abiertos.



DESEi+d 2024-63

## Innovaciones tecnológicas en la formación policial para técnicas de interrogatorio

**Bastida, Leire<sup>1\*</sup>; Sillaurren, Sara<sup>2</sup>; Otero, Ruben<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> TECNALIA, *Basque Research and Technology Alliance* (BRTA), 48160. Derio. Correo electrónico: ruben.otero@tecnalia.com

<sup>2</sup> TECNALIA, *Basque Research and Technology Alliance* (BRTA), 01510. Vitoria. Correo electrónico: sara.sillaurren@tecnalia.com

\* Autor principal. Correo electrónico: leire.bastida@tecnalia.com

### Resumen

Este artículo se centra en la implementación de entornos virtuales para el entrenamiento de las fuerzas policiales en técnicas de interrogatorio. Esta metodología innovadora permite simular escenarios realistas, ofreciendo a los usuarios la oportunidad de practicar en un entorno controlado y altamente interactivo.

La formación en realidad virtual (RV) no solo mejora la experiencia de aprendizaje, sino que también prepara a los oficiales para manejar diversas situaciones de manera efectiva. Un aspecto crucial del entrenamiento es la medición de emociones mediante tecnologías avanzadas, que incluyen el análisis de señales psicofisiológicas como el pulso, además de la observación de expresiones faciales. El proyecto LAW-GAME integra un módulo de reconocimiento de emociones, en tiempo real, que evalúa la

capacidad del usuario para mantener un estado emocional óptimo durante el interrogatorio. Mantener la calma, estar relajado y atento es esencial para captar con precisión las respuestas del interrogado y gestionar, de forma adecuada, la dirección del interrogatorio.

Este sistema avanzado de medición de emociones es un componente clave para el éxito del entrenamiento, asegurando que los oficiales estén equipados para manejar situaciones de alta presión, manteniendo un control emocional. En Resumen, la combinación de formación en RV y tecnología de reconocimiento de emociones proporciona una plataforma robusta para el entrenamiento policial, marcando un avance significativo en la preparación de las fuerzas de seguridad para enfrentarse a los retos en técnicas de interrogatorio.

### Palabras clave

Factores humanos, Formación con realidad virtual, Sistema de reconocimiento de emociones, Técnicas de interrogación.



DESEi+d 2024-71

## Pyoptronics: simulación de sistemas optoelectrónicos complejos

Lebrón, Manuel<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Aertec Solutions S. L. Av. Juan López de Peñalver, n.º 17, 29590. Málaga, España.

\* Autor principal. Correo electrónico: mrlebron@aertecsolutions.com

### Resumen

Este artículo presenta, de manera resumida, las principales características de un *software* de código abierto desarrollado en Python, diseñado específicamente para la simulación y modulación de sistemas optrónicos (optoelectrónicos) complejos.

La herramienta permite a los usuarios configurar tanto el escenario de laboratorio que introduce la entrada de señal del sistema óptico como los elementos ópticos individuales del sistema, incluyendo superficies ópticas, índices de refracción y trazado de rayos, etc. Además, el *software* incorpora módulos para el tratamiento de la señal mediante electrónica y su posterior procesado. Esta versatilidad permite a los usuarios ajustar el nivel de detalle de las simulaciones, combinando características que normalmente se encuentran en *software* específicos y temáticos.

A diferencia de otras herramientas, este *software* proporciona una solución integral para la simulación y análisis de sistemas optrónicos, abarcando desde la geometría óptica hasta el procesamiento de señales.

Desarrollado por el área de Aerospace&Defence de AERTEC, este *software* de código abierto demuestra el compromiso de la empresa con la innovación y la excelencia técnica. La herramienta aporta avances significativos en la investigación y desarrollo internos, proporcionando una plataforma flexible y extensible para el diseño y análisis de experimentos y sistemas optrónicos complejos, muy necesarios para la actividad desarrollada por la empresa en este ámbito tecnológico fundamental para la Defensa.

### Palabras clave

Electrónica, Óptica, Python, Simulación, *Software*.





DESEi+d 2024-74

## Sensores virtuales en instalaciones críticas mediante inteligencia artificial

**Gallardo, Galo<sup>1\*</sup>; Rodríguez-Llorente, Guillermo<sup>1\*</sup>; Sabogal, Anderson<sup>2</sup>; Torregrosa-Martín, Claudio<sup>3</sup>; Del Moral, Alejandro<sup>4</sup>; Delgado, Andoni<sup>4</sup>; Gómez-Espinosa, Roberto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> HI Iberia (HIB). Juan Hurtado de Mendoza, n.º 14, 28036. Madrid. Correo electrónico: robertogemartin@hi-iberia.es

<sup>2</sup> Universidad de Granada (UGR). Av. del Hospicio, 18010. Granada. Correo electrónico: andersonsabogal@ugr.es

<sup>3</sup> IFMIF-DONES España. Gran Vía, n.º 48, 18071. Granada. Correo electrónico: claudio.torregrosa@ifmif-dones.es

<sup>4</sup> Tekniker. Calle Iñaki Goenaga, n.º 5, 20600. Eibar. Correo electrónico: andoni.delgado@tekniker.es

\* Autores principales. Correos electrónicos: ggallardo@hi-iberia.es, grodriguez@hi-iberia.es

### Resumen

Uno de los principales desafíos en las futuras plantas de energía de fusión nuclear es estudiar los efectos de la irradiación de neutrones en los materiales del reactor.

Para abordar este problema, la instalación IFMIF-DONES planea construir un acelerador lineal que genere un espectro de neutrones similar al de una reacción de fusión mediante la colisión de deuterones con un

blanco de litio líquido. Garantizar la presión de vacío adecuada en la cámara del blanco del acelerador es un requisito fundamental del proyecto IFMIF-DONES para evitar su ebullición. No obstante, debido a las condiciones extremas de radiación, no es posible usar sensores físicos. Por este motivo, en este trabajo, enmarcado dentro del proyecto DONES-FLUX, se ha desarrollado un sensor virtual mediante modelos subrogados de *deep learning*. En concreto se han empleado operadores neuronales de Fourier para predecir las presiones de la cámara del blanco con datos de otros sensores colocados aguas arriba en línea del acelerador. Dichos modelos se han entrenado con los datos reales obtenidos del banco de pruebas experimental MuVacAS de inyección de argón y las lecturas de los sensores de presión.

Los resultados muestran una alta precisión en la predicción con un error porcentual absoluto medio del 2,38 %, cumpliendo con los requisitos del proyecto. Este estudio no solo contribuye al proyecto IFMIF-DONES, sino que también ofrece enfoques sobre las aplicaciones de sensores virtuales en infraestructuras y sistemas donde los sensores tradicionales no se pueden desplegar, como en sistemas de defensa y nucleares.

## Palabras clave

Aceleradores lineales, Fusión nuclear, Grandes instalaciones, Modelos subrogados, Operadores neuronales, Sensores virtuales.



DESEi+d 2024-80

## Determinación del impulso generado por minas en pozo de arena para su aplicación en simulación

**Gil Garnacho, Iván<sup>1\*</sup>; Pérez González, Jesús<sup>1</sup>; Martínez Thomas, Luis<sup>1</sup>; Alegría Morato, Francisco Raúl<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Subdirección de Sistemas Terrestres (SDIRSITTER), 28330. San Martín de la Vega Madrid, España.

\* Autor principal. Correo electrónico: gilgi@inta.es

### Resumen

El desarrollo de una plataforma vehicular frente a la acción de una amenaza tipo (mina) requiere actividades de prediseño basadas en la simulación por elementos finitos, siendo los diferentes *inputs* de estas herramientas un aspecto crítico para la obtención de resultados realistas. Dentro de estos *inputs* están las solicitaciones y condiciones de contorno, además de su correcto modelizado, se requiere tener valores realistas de estas solicitaciones para evidenciar las tendencias de fallo, cuantificar fallo... de una forma realista.

En este sentido es práctica habitual realizar pruebas de campo que permitan cuantificar el empuje que presenta una determinada muestra controlada (dimensiones y peso) frente a la acción de la detonación de una

carga explosiva, por ejemplo, una mina. En este documento se presentan los resultados obtenidos en pruebas de potenciación realizadas por el Área de Balística de Efectos para la estimación del impulso generado por tres minas tipo (6, 8,10 kg) y su posterior verificación con la herramienta LSDYNA [Ref.2].

### **Palabras clave**

FEM, Impulso, Mina, Solicitación, Vehículo.



DESEi+d 2024-98

## Diseño de un generador I/Q para beamforming en banda milimétrica

Esteban Eraso, Uxua<sup>1\*</sup>; Sánchez-Azqueta, Carlos<sup>1</sup>; Aznar, Francisco<sup>1</sup>; Aldea, Concepción<sup>1</sup>; Celma, Santiago<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Diseño Electrónico (GDE), Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Zaragoza, España. Correos electrónicos: uesteban@unizar.es, csanaz@unizar.es, faznar@unizar.es, caldea@unizar.es, scelma@unizar.es

\* Autor principal. Correo electrónico: uesteban@unizar.es

### Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de un filtro paso-todo RCL diferencial como generador de cuadratura (I/Q) para ser utilizado en un *beamformer* que opera a 19,5 GHz, empleando tecnología CMOS de 65 nm. El *beamforming* es una técnica clave en aplicaciones de Defensa debido a su capacidad para mejorar la comunicación y el rastreo de objetivos.

Se han explorado diferentes soluciones para mejorar los errores que aparecen en las señales I/Q a la salida generador de cuadratura cuando se conecta a la siguiente etapa.

El diseño propuesto se obtiene al combinar una asimetría en la red resonante con la inclusión de dos elementos resistivos adicionales. De esta forma se consiguen un error de cuadratura inferior a 2° y un error de magnitud inferior a 0,17 desde 17 GHz a 22 GHz, con pérdidas de inserción

menores al 7 %. Estos resultados permiten mejorar la resolución angular y la capacidad de discriminación de objetivos en un entorno de interferencia, así como mejoran la fiabilidad de la comunicación en condiciones adversas.

### Palabras clave

Antenas activas, *Beamforming*, Desplazador de fase, Generador de cuadratura, QAF, Señales I/Q.



DESEi+d 2024-100

## Mantenimiento predictivo de aerorreactores basados en *digital twins*

Sastre, Francisco\* ; Sánchez de León, Luis; Velázquez, Ángel;  
Montañés, José Luis

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSAE), Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Plaza Cardenal Cisneros, n.º 3, 28040. Madrid.

\* Autor principal. Correo electrónico: francisco.sastre@upm.es

### Resumen

El objetivo de esta investigación ha sido el desarrollo e implementación práctica de un algoritmo de mantenimiento predictivo, basado en un *digital twin*, para el aeroreactor Honeywell TFE73122J de la aeronave C101. Más concretamente, se ha buscado generar una aplicación de escritorio, destinada a la utilización por parte de los operarios de banco de ensayos de la Maestranza de Albacete, con el fin de asistir las labores de mantenimiento de dicha planta propulsora.

La idea principal es proporcionar al personal técnico información útil sobre el estado de salud de cada componente del aeroreactor, mediante el diagnóstico a partir de datos de banco de ensayos. De esta manera se puede conocer *a priori*, qué componentes necesitarán un mayor mantenimiento y cuáles no. Este algoritmo está basado en el desarrollo de un

*digital twin* del motor y la generación de un modelo reducido a partir del mismo, en contraposición con las técnicas basadas en datos.

El contexto de este proyecto es la colaboración entre el Grupo de Investigación de Sistemas y Microsistemas Fluidodinámicos de la UPM y el Mando Logístico (MALOG) del Ejército del Aire en el marco del programa BACSI (Base Aérea Conectada Sostenible e Inteligente).

### Palabras clave

Aerorreactores, Modelos reducidos, Mantenimiento predictivo.





DESEi+d 2024-104

## Modelos visuales de lenguaje para la detección de defectos en placas de acero

**Ayo Sando, Enol<sup>1, 2\*</sup>; Del Blanco Adán, Carlos Roberto<sup>2</sup>;  
Martín Pérez, Lucía Cristina<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Observatorio Horizontes en Defensa y Seguridad (ISDEFE-UPM). Av. Complutense, n.º 30, 28040. Madrid. Correo electrónico: eas@gti.ssr.upm.es

<sup>2</sup> Grupo de Tratamiento de imágenes (GTI), Information Processing and Telecommunications Center, ETSI Telecomunicación. Av. Complutense, n.º 30, 28040. Madrid. Correo electrónico: carlosrob.delblanco@upm.es

<sup>3</sup> Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España S. A. S.M.E. M.P. (ISDEFE). Calle de Beatriz de Bobadilla, n.º 3, 28040. Madrid. Correo electrónico: lcmartin@isdefe.es

\* Autor principal. Correo electrónico: eas@gti.ssr.upm.es

### Resumen

La fabricación de placas de acero es muy importante en la industria militar debido a su uso extensivo: vehículos, armamento, infraestructuras, etc. No obstante, existe una serie de defectos que pueden aparecer en el proceso de fabricación y que empobrecen las propiedades de este material, degradándolo por debajo del nivel de calidad que requiere el uso militar. Por tanto, la detección temprana y preventiva de tales defectos tiene mucha relevancia. Existen métodos manuales para su detección, pero son lentos y costosos, por lo cual es un campo en el que los sistemas basados en inteligencia artificial y aprendizaje profundo pueden aportar una solu-

ción de forma automática y rápida. El problema de algunos de estos métodos es que requieren grandes bases de datos anotadas para entrenarse, las cuales son muy costosas y complejas de crear.

En este trabajo se explora el uso de técnicas avanzadas de *Zero Shot Learning*, que consiste en aplicar un modelo en una tarea para la cual no ha sido entrenado. Más concretamente, se propone utilizar un modelo visual del lenguaje basado en CLIP que es capaz de segmentar objetos sobre una imagen, utilizando otra imagen de referencia (con el tipo de defecto a detectar) o incluso un texto de referencia (descriptivo del defecto). Para evaluar el sistema, se utiliza la base de datos de Severstal, la cual contiene una serie de imágenes de placas de acero con los defectos anotados.

## Palabras clave

Acero, Anomalía, Blindaje, Defensa, VLM.



DESEi+d 2024-122

## Supercomputación e inteligencia artificial en la evaluación de los impactos causados por terremotos

**Modesto, David<sup>1\*</sup>; Monterrubio, Marisol<sup>1</sup>; de la Puente, Josep<sup>1</sup>; Farnós, Joan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación (BSC-CNS), 08034. Barcelona, España. Correos electrónicos: david.modesto@bsc.es, marisol.monterrubio@bsc.es, josep.delapuate@bsc.es, joan.farnos@bsc.es*

\* Autor principal. Correo electrónico: david.modesto@bsc.es

### Resumen

Después de la ocurrencia de terremotos de gran magnitud, es fundamental evaluar de manera rápida y con precisión el nivel de movimiento del suelo producido en la región afectada, en especial para los equipos de rescate y las unidades militares de inteligencia, para una correcta valoración del impacto y la consecuente planificación de acciones.

Tradicionalmente, se utilizan modelos empíricos de movimiento del suelo para medir la intensidad del terremoto, pero estos pueden limitar, de forma significativa, la precisión de las estimaciones. Como alternativa, en este trabajo se propone el uso de estrategias de Inteligencia Artificial (IA) entrenadas con simulaciones basadas en la física, que requieren tiempos

de evaluación similares. En particular, se ha entrenado y validado un estimador basado en aprendizaje automático (ML), utilizando uno de los conjuntos de datos más grandes disponibles (con cerca de cien millones de sismogramas simulados) del proyecto CyberShake, desarrollado por el Centro de Terremotos del sur de California y que abarca la cuenca de Los Ángeles. Utilizamos esta zona de estudio para demostrar reducciones significativas en los errores, no solo para datos de terremotos sintéticos, sino también para cinco terremotos históricos reales, en comparación con los modelos empíricos tradicionales.

### Palabras clave

Inteligencia artificial, Riesgo, Planificación, Simulación, Terremotos.

## Métrica para optimización del direccionamiento de antenas matriciales

Aznar, Francisco<sup>1\*</sup>; Esteban Eraso, Uxua<sup>2</sup>; Martínez Pérez, Antonio Dionisio<sup>2</sup>; Celma, Santiago<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa Zaragoza (CUD). Carretera Huesca, s/n, 50090. Zaragoza. Correo electrónico: faznar@unizar.es

<sup>2</sup> Universidad de Zaragoza (UZ). Calle Pedro Cerbuna, n.º 12, 50009. Zaragoza. Correos electrónicos: uesteban@unizar.es, adimar@unizar.es, scelma@unizar.es

\* Autor principal. Correo electrónico: faznar@unizar.es

### Resumen

Este artículo propone una nueva métrica para comparar los desplazadores de fase controlados digitalmente, denominado error de dirección del haz (BSE). La definición de BSE se introduce con un ejemplo de un desplazador de fase de 2 bits y se compara con el error de fase RMS utilizado de forma tradicional.

Las ventajas durante la etapa de simulación del uso de este nuevo indicador se muestran para un caso real de un desplazador de fase de 4 bits, diseñado en un proceso CMOS de 65 nm. Por tanto, las antenas matriciales basadas en desplazadores de fase pueden diseñarse optimizadas para contribuir a mejorar los sistemas de comunicaciones en el ámbito de la defensa.

### Palabras clave

Conjunto de antenas en fase, Direccionamiento de haz, Error RMS en fase, Tecnología CMOS.

## Hacia la detección de pequeños objetos en el espacio: Quantum Illumination integrada

Carnoto, Isabel<sup>1\*</sup>; César, Jessica<sup>1</sup>; Pulido, Rosa<sup>2</sup>; Morales, Francisco<sup>2</sup>; Fajardo, Pablo<sup>1</sup>; García, Luis Enrique<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Av. de la Universidad, n.º 30, 28911. Madrid. Correo electrónico: icarnoto@ing.uc3m.es

<sup>2</sup> Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España (ISDEFE). Calle Beatriz de Bobadilla, n.º 3, 28040. Madrid. Correo electrónico: rmpulido@isdefe.es

\* Autor principal. Correo electrónico: icarnoto@ing.uc3m.es

### Resumen

Este trabajo propone aprovechar las propiedades de la mecánica cuántica para mejorar la detección de *space debris* y pequeños satélites potencialmente malintencionados.

El diseño central del sistema es un resonador de modo de galería susurrante (WGMR), integrado fotónicamente (PIC), que utiliza tecnología de niobato de litio en película delgada. Este resonador sirve como una fuente de entrelazamiento óptico-subterahercios y una etapa de conversión de frecuencia ascendente, ideal para aplicaciones espaciales debido a su reducido SWaP. Aunque las tecnologías cuánticas aún no están maduras para su despliegue inmediato, se esperan algunos avances, como

una mayor sensibilidad y precisión, niveles de ruido reducidos y mayor fiabilidad.

Aprovechando las características del WGMR, integrado fotónicamente, y el enfriamiento pasivo, el diseño es una posible solución a los desafíos de la detección de señales débiles. Sin embargo, es crucial reconocer que superar las limitaciones actuales, como lograr una mayor eficiencia de conversión ascendente y mejorar el factor Q, requiere continuos esfuerzos de investigación y desarrollo.

### Palabras clave

Entrelazamiento, *Debris*, Detección, Integrado, Resonador.





DESEi+d 2024-146

## Gemelo digital de entorno operativo marítimo: propuesta de arquitectura de integración de datos y operación

**Ramírez Morán, Sergio<sup>1\*</sup>; Fernández Gavilanes, Milagros; Pérez Collazo, Carlos<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Funcionario del Cuerpo de Científicos Superiores de la Defensa.

<sup>2</sup> Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (CUD-ENM). Plaza de España, s/n, 36920, Marín. Correos electrónicos: (MFG) mfgavilanes@ cud.uvigo.es, (CPC) carlos.perez.collazo@cud.uvigo.es

\* Autor principal. Correo electrónico: srg1000r@gmail.es

### Resumen

El mundo vive la Cuarta Revolución Industrial, marcada por la aparición de tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial, el *Big Data* o el internet de las cosas. Uno de los cambios de paradigma que acompañan a esta revolución son los llamados gemelos digitales, los cuales, basándose en la disponibilidad de datos masivos sobre un determinado proceso o sistema, crean modelos virtuales capaces de proporcionar valiosa información del funcionamiento actual y futuro.

En este contexto, diversas instituciones meteorológicas y marítimas han reconocido el valor de datos y modelos predictivos abiertos para mejorar,

entre otras, la planificación y operación marítima. Esta información, junto con la que las propias plataformas marítimas, debidamente integradas mediante técnicas de inteligencia artificial y *Big Data*, constituyen una base prometedora para el desarrollo de un gemelo digital del entorno marítimo operativo que proporcione a las plataformas una mayor consciencia situacional, lo que se traducirá en una mayor seguridad, efectividad y eficiencia en el cumplimiento de su misión.

Sin embargo, las limitaciones de capacidad informática y comunicaciones en plataformas navales plantean desafíos en el desarrollo de este gemelo digital. Para abordarlos, se plantea el diseño conceptual de una arquitectura de integración de datos, basada en tres niveles: un sistema central terrestre que crea y mantiene el gemelo digital, usando todas las fuentes de datos disponibles; una plataforma naval que ejecuta un modelo local actualizado con datos propios, y plataformas desplegables que proporcionan información adicional. Asociadas a esta arquitectura se definen las estrategias de operación que permiten su funcionamiento.

## Palabras clave

Entorno operativo marítimo, Gemelo digital oceánico, GIS, Operaciones marítimas.

DESE

Área 12

Ciberdefensa







DESEi+d 2024-10

# Diseño de un dataset basado en patrones de capex para la detección de ataques mediante técnicas de *machine learning*

Díaz García, Pedro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Carretera de Ajalvir, km 4, 28850. Torrejón de Ardoz, Madrid. Correo electrónico: comunicacion@inta.es

\* Autor principal. Correo electrónico: pdiagar@inta.es

## Resumen

El objetivo de esta ponencia consiste exponer el resultado de la revisión del estado del arte en cuanto al diseño, generación y etiquetado de *datasets* de patrones de ataque para el entrenamiento de sistemas de detección basados en aprendizaje automático, como parte de un proyecto de I+D del INTA mucho más amplio.

Se ha llevado a cabo un estudio comparativo de diferentes propuestas para detectar carencias y puntos de mejora, en dicho ámbito, que sirvan como punto de partida para futuros trabajos. Para ello se han definido unos criterios de búsqueda y de calidad que permitan seleccionar un conjunto adecuado de trabajos a revisar.

La variedad de *datasets* analizados, así como la disparidad, en cuanto a la selección de las métricas y algoritmos de clasificación, hacen muy di-

ficil establecer unos criterios comparativos claros. Es necesario continuar investigando en esta área para disponer de *datasets* actualizados que incluyan un catálogo lo más amplio posible de patrones de ataque. También hay que resaltar la conveniencia de utilizar nuevas técnicas y algoritmos para la identificación de patrones de ataque como las relacionadas con *deep learning*.

### Palabras clave

Aprendizaje automático, *Dataset*, *Deep learning*, Inteligencia artificial, Patrones de ataque.



DESEi+d 2024-21

# Despliegue de Crawlers en la Red TOR para la detección de patrones delictivos

Sánchez Rubio Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Carretera. Ajalvir km 4, 28850, Torrejón de Ardoz. Correo electrónico: [sanchezrum@inta.es](mailto:sanchezrum@inta.es)

## Resumen

La proliferación de actividades delictivas en la red TOR ha intensificado la necesidad de herramientas sofisticadas para su detección y análisis. Este artículo introduce un web crawler avanzado, diseñado específicamente para la exploración y análisis de la *darknet*, a través de la red TOR. Utilizando técnicas de *crawling* selectivas y no supervisadas, navegando por dominios .onion, extrayendo y clasificando datos que revelan comportamientos delictivos.

La metodología empleada permite no solo detectar patrones de actividad criminal, sino también visualizar las interconexiones entre los dominios analizados, lo que proporciona pistas clave para futuras investigaciones. Además de identificar relaciones entre dominios, el estudio se enfoca en la clasificación de contenido en categorías delictivas predefinidas, utilizando reglas YARA para un filtrado efectivo.

La integración de estos datos en un buscador específico facilita la labor investigadora, permitiendo búsquedas rápidas y precisas. Los resultados preliminares indican que este desarrollo es capaz de mejorar, de manera significativa, la eficiencia y precisión en la detección de actividades ilegales comparado con herramientas anteriores, lo que representa un avance significativo hacia la mejora de las capacidades de vigilancia y análisis en entornos digitales altamente anónimos y seguros.

### Palabras clave

Ciberdelincuencia, *Crawling*, *Darknet*, TOR.





DESEi+d 2024-40

## Panorama geoestratégico y tecnológico de la criptografía cuántica y postcuántica

**García-Cid, Marta Irene<sup>1, 2\*</sup>; Martín Sánchez-Ledesma,  
Rodrigo<sup>3, 4</sup>; Sánchez Jiménez, Francisco<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Indra Sistemas. Av. de Bruselas, n.º 35, 28108. Alcobendas, Madrid. Correo electrónico: migarcia@indra.es

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Madrid. Calle de los Ciruelos, 28660. Boadilla del Monte, Madrid.

<sup>3</sup> Indra Sistemas de Comunicaciones Seguras. Av. de Bruselas, n.º 35, 28108. Alcobendas, Madrid.

<sup>4</sup> Universidad Complutense de Madrid. Av. Complutense, s/n, 28040. Moncloa, Madrid.

\* Autor principal.

### Resumen

La potencia de los ordenadores cuánticos amenaza a los sistemas criptográficos actuales, lo que impacta significativamente en el ámbito militar. El compromiso de la seguridad de los sistemas criptográficos actuales plantea la necesidad de migrar hacia soluciones resistentes a la computación cuántica lo antes posible.

A lo largo de los años se han logrado grandes avances en el desarrollo de nuevos paradigmas criptográficos, como la criptografía cuántica y la postcuántica (PQC), que ha sido seguida muy de cerca por diferentes organismos de seguridad. La posición generalizada de los diferentes países es la de iniciar la migración a sistemas PQC o sistemas híbridos con

soluciones precuánticas. Sin embargo, tanto la criptografía cuántica como PQC presentan todavía desafíos.

Dada la novedad de los algoritmos de PQC, podrían ser vulnerables a ataques aun no demostrados, como ha ocurrido con algunos candidatos del concurso del NIST. Por otro lado, la criptografía cuántica se basa en principios físicos diferentes y enfrenta desafíos en cuanto ataques de implementación, necesidades adicionales de *hardware* y la certificación de dispositivos. Todos estos retos podrán ser abordados gracias a los diferentes mecanismos de financiación, que permitirán aumentar la madurez de estas tecnologías y garantizar la seguridad en la era cuántica.

### Palabras clave

Criptografía, Cuántica, Postcuántica, Retos.



DESEi+d 2024-43

# Propuesta de una clasificación de tecnologías y proyectos en ámbitos de defensa y *combat cloud*

**Mateo Muñoz, Alberto<sup>1, 2\*</sup>; Larriva-Novo, Xavier<sup>1, 2</sup>; Burgos García, Mateo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Sistemas Telemáticos, ETSI Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040. Madrid, España. Correo electrónico: xavier.larriva.novo@upm.es

<sup>2</sup> Cátedra ISDEFE Defensa y Seguridad Universidad Politécnica de Madrid

\* Autor principal. Correo electrónico: alberto.mateo@alumnos.upm.es

## Resumen

El *combat cloud* o nube de combate, ha surgido como una respuesta crucial a los desafíos, cada vez más complejos, en el ámbito de la Defensa. Su evolución ha sido impulsada por la necesidad de una infraestructura militar que se adapte y responda eficazmente a las cambiantes dinámicas del campo de batalla moderno. Sin embargo, la definición exacta de este concepto aún está en constante evolución debido a la naturaleza dinámica, y en rápida evolución, de las tecnologías y estrategias en el ámbito militar.

Este trabajo se centra en la revisión y análisis de estas tecnologías emergentes y sus implicaciones en el ámbito de la Defensa. A través del Esta-

do del Arte (SOTA) se exploran las diferentes facetas del *combat cloud*, desde sus fundamentos conceptuales hasta sus aplicaciones prácticas. Se examinan los elementos clave que conforman esta infraestructura, destacando su importancia en el diseño y la implementación efectiva del *combat cloud*. Además, se analizan las diversas tecnologías y proyectos desarrollados por países e instituciones de Defensa en todo el mundo, proporcionando una visión global de cómo se están abordando estos desafíos estratégicos a nivel internacional.

### Palabras clave

*Combat cloud*, *Command and Control*, Interoperabilidad, Multidominio, Sistema de sistemas, *Situational awareness*.



DESEi+d 2024-84

## Un nuevo enfoque tecnológico para la detección de anomalías en entornos OT navales

**Domínguez-Jiménez, Juan José<sup>1\*</sup>; Gómez Sánchez, Rafael<sup>2</sup>;  
Medina-Bulo, Inmaculada<sup>1</sup>; Boubeta-Puig, Juan<sup>1</sup>; Rodríguez-  
García, Mercedes<sup>1</sup>; Muñoz-Ortega, Andrés<sup>1</sup>; Balderas-Díaz,  
Sara<sup>1</sup>; Guerrero-Contreras, Gabriel<sup>1</sup>; Silva-Ramírez, Esther-  
Lidia<sup>1</sup>; Luna-Ramos, Pablo<sup>1</sup>; Carretero Henares, Juan Jesús<sup>2</sup>;  
Molina Cabrera, Antonio Jesús<sup>2</sup>; Fuentes Landi, Germán<sup>2</sup>;  
Torres Gómez, Pablo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidad de Cádiz (UCA). Av. de la Universidad de Cádiz, n.º 10, 11519. Puerto Real, Cádiz. Correo electrónico: [juanjose.dominguez@uca.es](mailto:juanjose.dominguez@uca.es)

<sup>2</sup> Navantia Sistemas. Carretera de la Carraca, s/n, 11100. San Fernando, Cádiz. Correo electrónico: [rgomezsa@navantia.es](mailto:rgomezsa@navantia.es)

\* Autor principal. Correo electrónico: [juanjose.dominguez@uca.es](mailto:juanjose.dominguez@uca.es)

### Resumen

La transición hacia la industria 4.0 ha intensificado la hiperconectividad mediante la incorporación de tecnologías avanzadas en las redes industriales, los servidores y la nube. Como consecuencia, estos sistemas

quedan expuestos a desafíos de seguridad críticos, como la obtención indebida de datos sensibles y el sabotaje.

En este contexto, los sistemas actuales, como los de detección de intrusiones y los de gestión de eventos e información de seguridad, se enfrentan a limitaciones en cuanto a su capacidad para detectar nuevas amenazas y a su compatibilidad con arquitecturas distintas a las x64/x86.

Para abordar estos retos, el procesamiento de eventos complejos (CEP) surge como una solución prometedora, permitiendo la detección temprana y en tiempo real de ciberataques en entornos de tecnología operativa (OT) y de internet de las cosas (IoT), adaptándose a las limitaciones en recursos de estos dispositivos.

En este trabajo se presenta el diseño de una arquitectura orientada a OT e IoT, implementando CEP en dispositivos ARM para mejorar la detección temprana de ciberataques. El sistema propuesto se basa en la captura de tráfico de red y su procesamiento a través de un motor CEP para identificar automáticamente patrones de anomalías. Además, el sistema planteado integra aprendizaje automático para detectar nuevas anomalías en tiempo real, mejorando la seguridad y la eficiencia operacional. La validación del sistema se demostrará en un entorno real, integrado en el sistema de navegación y puente MINERVA de Navantia S.M.E., ilustrando su aplicabilidad práctica en infraestructuras críticas.

## Palabras clave

Ciberseguridad, Industria 4.0, Internet de las cosas, Procesamiento de eventos complejos, Tecnología operacional.



DESEi+d 2024-103

# Comunicaciones seguras frente a ataques cuánticos con protocolos de claves simétricos de secreto perfecto persistente

Castellanos Cantos, Andrés\*<sup>1</sup>; Ranea Robles, Adrián<sup>o1</sup>

<sup>1</sup> CIPHERBIT-GRUPO OESÍA, MARIE-CURIE, N.º 19, 28521. RIVAS-VACIAMADRID, MADRID.

\* Autor principal.

<sup>o</sup> Autor para la correspondencia. Correo electrónico: [ahraneaa@oesia.com](mailto:ahraneaa@oesia.com)

## Resumen

Los ordenadores cuánticos representan una amenaza para la seguridad de las comunicaciones digitales, ya que estas se basan en algoritmos criptográficos, de acuerdo a claves como RSA o curvas elípticas, los cuales son vulnerables frente a algoritmos cuánticos.

Las soluciones a esta amenaza se resumen en dos opciones: reemplazar estos algoritmos inseguros por algoritmos de acuerdo de claves postcuánticos, o utilizar protocolos criptográficos de acuerdo de claves, basados en criptografía simétrica. Las soluciones basadas en criptografía simétrica no pueden reutilizar la infraestructura de claves públicas ya existente, siendo aplicables solo en entornos cerrados. Sin embargo, en estos entornos (industriales o de defensa), las soluciones simétricas son más seguras, eficientes y simples que las basadas en criptografía postcuántica.

Los únicos protocolos simétricos que proporcionan secreto perfecto persistente son los protocolos de Avoine *et al.* (CT-RSA 2020) y Boyd *et al.* (ASIACRYPT 2021), pero ninguna implementación de estos dos protocolos se ha publicado hasta la fecha.

En este proyecto se ha realizado el diseño, análisis y la primera implementación de estos dos protocolos, y se ha propuesto la primera colección de vectores de prueba para garantizar una correcta implementación. Estas implementaciones son una solución práctica para proteger las comunicaciones digitales con el más alto nivel de seguridad, protegiendo incluso frente a los futuros ataques cuánticos.

### Palabras clave

Criptografía postcuántica, Criptografía simétrica, Protocolo de acuerdo de claves.





DESEi+d 2024-134

## QKD desde satélites en órbita baja, garantizando la inviolabilidad de los intercambios de información

**Zorita, Demetrio<sup>1\*</sup>; Maroto, Óscar<sup>1</sup>, Tomás, Albert<sup>1</sup>, Casalta,  
Joan Manel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Sener Aeroespacial y Defensa. Calle Severo Ochoa, n.º 4, 28760. Tres Cantos, Madrid.

\* Autor principal. Correo electrónico: demetrio.zorita@aeroespacial.sener

### Resumen

Sener Aeroespacial y Defensa está efectuando, en competición con otro consorcio, la fase de diseño preliminar de una misión satelital de distribución de clave cuántica (QKD) desde órbita baja terrestre (LEO), que concluyó con una *Preliminary Desing Review* (PDR), en julio de 2024.

La siguiente fase incluirá diseño detallado y prototipado, y habrá empezado ya en el momento del congreso. Esta segunda fase concluirá con la construcción, puesta en funcionamiento y campaña de ensayos de unos modelos de calificación de ingeniería (*Engineering Qualification Model*, EQM) de un emisor de QKD embarcado en satélite (Payload) y un receptor de QKD en tierra (*Optical Ground Station*, OGS), que realizarán una transmisión de clave cuántica a una distancia representativa del espesor de la atmósfera terrestre (alrededor de 10 km) y en entorno de turbulen-

cias urbanas. Esta segunda fase esta ya aprobada con una dotación de 18 M €.

### **Palabras clave**

Clave cuántica, Comunicaciones seguras, Confidencialidad, QKD, Encriptación.



DESEi+d 2024-152

## MadQCI: la red de comunicaciones cuánticas que se ha convertido en un centro de pruebas de referencia para la OTAN

Ortiz, Laura<sup>1, 2\*</sup>; Brito, Juan Pedro<sup>2, 3</sup>; Martín, Vicente<sup>2, 3</sup>

<sup>1</sup> DATSI. E.T.S. DE INGENIEROS INFORMÁTICOS. Campus de Boadilla UPM.

<sup>2</sup> CSS. E.T.S. DE INGENIEROS INFORMÁTICOS. Campus de Boadilla UPM.

<sup>3</sup> DLSIS. E.T.S. DE INGENIEROS INFORMÁTICOS. Campus de Boadilla UPM.

\* Autor principal. Correo electrónico: [laura.ortiz@upm.es](mailto:laura.ortiz@upm.es)

### Resumen

Las redes actuales de distribución cuántica de claves (QKD, por sus siglas en inglés) se construyen, sobre todo, como infraestructuras fijas, *ad hoc*, lógica y físicamente aisladas, diseñadas para evitar cualquier penalización al canal cuántico. Esta arquitectura no es escalable ni rentable, y las implementaciones futuras en el mundo real diferirán de manera considerable.

La estructura de la red QKD MadQCI se basa en componentes desagregados y paradigmas modernos diseñados para la flexibilidad, la actualización y la integración de QKD en el ecosistema de redes de seguridad y telecomunicaciones.

Estas ideas subyacentes han sido probadas en la anterior iteración de MadQCI, mediante la implementación de varios sistemas QKD de varios fabricantes en una red de telecomunicaciones de múltiples dominios, aplicada en instalaciones de producción y compartiendo la infraestructura con el tráfico comercial. La nueva iteración de la red, además de aumentar su complejidad e incluir nudos muy interesantes con potenciales usuarios finales, ha destinado un segmento para constituir un centro de prueba de la OTAN, dentro del programa DIANA. Su principal función es impulsar la eficiencia y garantizar la validación de conceptos y tecnologías dentro de los países de la alianza. Estos centros de prueba también ayudarán a lograr eficiencias y promover el intercambio de conocimientos.

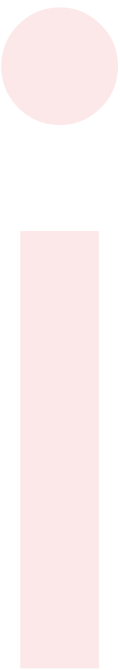
### Palabras clave

Redes de comunicaciones cuánticas, Banco de prueba, Programa DIANA, Ciberseguridad.

DESE

Área 13

Sociedad, economía y  
humanidades







DESEi+d 2024-17

## Liderazgo de servicio, eficacia y cohesión en las organizaciones militares. Estudio de su relación en el contexto docente de la enseñanza superior

**García-Guiu, Carlos<sup>1\*</sup>; Laguía, Ana<sup>3</sup>; Moriano, Juan Antonio<sup>3</sup>; Vadillo, Nerea<sup>1</sup>; Lozano, Narciso<sup>1</sup>; Trujillo, Francisco<sup>2</sup>; Edú-Valsania, Sergio<sup>4</sup>; Molero, Fernando<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa, Academia General Militar. Carretera de Huesca, s/n, 50090. Zaragoza. Correo electrónico: carlosgguiu@unizar.es, nvadillo@unizar.es, nlozano@unizar.es

<sup>2</sup> Academia General Militar. Carretera de Huesca, s/n, 50090. Zaragoza. Correo electrónico: ftrupac@et.mde.es

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Educación a Distancia. Calle Juan del Rosal, n.º 10, 28040. Madrid. Correos electrónicos: aglaguia@psi.uned.es, jamoriano@psi.uned.es, fmolero@psi.uned.es

<sup>4</sup> Universidad Europea Miguel de Cervantes. Calle Padre Julio Chevalier, n.º 2, 47012. Valladolid. Correo electrónico: sergio.eduvalsania@gmail.com

\* Autor principal. Correo electrónico: carlosgguiu@unizar.es

### Resumen

El liderazgo constituye una de las materias fundamentales para desarrollar la formación en las academias militares como parte de las organizaciones dedicadas a la Defensa y Seguridad en España. El presente trabajo analiza la relación del liderazgo de servicio con la cohesión grupal y la

eficacia del líder, a nivel sección, en el ámbito de la formación militar, en una muestra de 472 participantes, cadetes de la Academia General Militar de Zaragoza de Enseñanza Superior Militar.

A través de un análisis descriptivo, de correlación y de regresión los resultados, muestran una relación positiva entre el estilo de liderazgo basado en el liderazgo de servicio con la eficacia del líder jefe de sección y la cohesión grupal. Asimismo, el estudio revela que en la formación del liderazgo es importante potenciar las competencias éticas, las habilidades conceptuales, ayudar a crecer a los subordinados y fomentar el apoyo emocional para favorecer el liderazgo de servicio en la formación.

El presente estudio permite orientar diferentes líneas de investigación y apuntar diversas áreas de interés que posibiliten el desarrollo de competencias del liderazgo en la formación de oficiales en el ámbito del Ejército de Tierra español.

### Palabras clave

Liderazgo de servicio, Cohesión grupal, Efectividad, Defensa y Seguridad, Militar.





DESEi+d 2024-48

## Herramientas de machine learning aplicadas a la predicción de costes en el ciclo de vida de los sistemas de armas

**Díaz Cuesta, Martín<sup>1\*</sup>; Cabeza García, Miguel Ángel<sup>2</sup>;  
Manuel Ángel<sup>3</sup>, Vega Vera, Carlos Jesús<sup>4</sup>, Ventura Soto,  
Sebastián<sup>5</sup>, Yenes Gallego, José Ignacio<sup>6</sup>**

<sup>1, 4, 6</sup> Escuela Politécnica del Ejército de Tierra, calle Joaquín Costa, 28040. Madrid. Correos electrónicos: mdiacu1@et.mde.es, cvegver@et.mde.es, jyengal@et.mde.es

<sup>2, 3</sup> Grupo de Evaluación de Costes, calle Joaquín Costa, 28040. Madrid. Correo electrónico: mcabgar@et.mde.es

<sup>5</sup> Universidad de Córdoba, 14071. Córdoba. Correo electrónico: [sventura@uco.es](mailto:sventura@uco.es)

\* Autor principal.

### Resumen

Los Estados Mayores de todos los Ejércitos se enfrentan continuamente al problema de diseñar, adquirir o producir y mantener nuevos sistemas de armas que satisfagan las necesidades estratégicas de sus países. Uno de los elementos clave en las fases de planeamiento de un nuevo sistema o de la actualización de unos existente es el estudio del coste económico asociado al mismo.

Los costes durante todo el ciclo de vida de los sistemas de armas son, por su particular naturaleza, especialmente elusivos y tienden a caer en estimaciones erróneas que conducen a sobrecostes y, en los casos más extremos, a cancelaciones completas de los proyectos y programas de estos [1].

Habitualmente la estimación de costes utiliza técnicas de analogía con sistemas de armas existentes, por parámetros, derivada del juicio de expertos, que suelen ser muy sensibles al grado de definición del sistema y a su capacidad de descomposición en paquetes de trabajo o WBS (*Work Breakdown Structure*).

Este artículo aborda el uso de métodos de Inteligencia Artificial (IA) basados en técnicas de *Machine Learning* (ML), usando Python para explorar las posibilidades, problemas y potencial de realizar una estimación de costes usando las muchas capacidades que la IA ofrece hoy en día.

## Palabras clave

Inteligencia artificial, Ciclo de vida, Costes, *Machine learning*, Python, Sistemas de armas, WBS.



DESEi+d 2024-62

# El rol de las políticas de I+D en la transferencia tecnológica entre el sector de defensa y el sector privado: el caso de las Islas Canarias

**Valtonen, Jenni<sup>1\*</sup>; García Rojas, José Adrián<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universidad de La Laguna (ULL). Calle Padre Herrera, s/n, 38200. La Laguna, Santa Cruz de Tenerife. Correo electrónico: alu0101520520@ull.edu.es

<sup>2</sup> Universidad de La Laguna (ULL). Calle Padre Herrera, s/n, 38200. La Laguna, Santa Cruz de Tenerife. Correo electrónico: jagrro@ull.edu.es

\* Autor principal. Correo electrónico: alu0101520520@ull.edu.es. Este artículo tiene su base en el trabajo fin de máster, realizado bajo la tutorización del profesor y decano de la Facultad de Economía, Empresa y Turismo, José Adrián García Rojas, en la Universidad de La Laguna, durante el curso 2021-2022. El documento original junto con las tablas con resultados detalladas está disponible en el repositorio institucional de ULL: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/31676>

## Resumen

Las Islas Canarias cuentan con una importante presencia militar en su territorio, formado por el Mando Conjunto de Canarias y compuesto de representación permanente de Infantería Mando de Canarias, Mando Aéreo de Canarias y Mando Naval de Canarias. A su vez, la Administración Pública a nivel autonómico tiene un fuerte compromiso con la Investigación y Desarrollo (I+D) para fomentar el crecimiento y la competitividad

de las pymes, desarrollar capacidades para la especialización inteligente, la transición industrial y el emprendimiento. El objetivo de esta investigación es identificar las percepciones que tienen los representantes de las instituciones y órganos públicos canarios involucrados en las políticas de I+D sobre la transferencia tecnológica entre el sector de defensa y el sector privado.

Con transferencia tecnológica se refiere a la aplicación de una tecnología y los conocimientos relacionados a una nueva industria, sector, organización o usuario. Los resultados derivados de la encuesta diseñada muestran factores sociotécnicos y financieros como las principales barreras en la transferencia de tecnologías entre los dos sectores en el caso de Canarias.

### Palabras clave

Industria de Defensa, Islas Canarias, I+D pública, Tecnologías duales, Transferencia tecnológica.



DESEi+d 2024-66

## Niveles de cortisol en una muestra de alumnos pilotos y su repercusión en vuelo

González, Adela<sup>1\*</sup>; Corral, Rubén<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa (CUD). Calle Coronel López Peña, s/n, CP 30729. San Javier. Correo electrónico: adela.gonzalez@tud.upct.es

<sup>2</sup> Academia General del Aire (AGA). Calle Coronel López Peña, s/n, CP 30729. San Javier. Correo electrónico: rubencorral@tud.upct.es

\* Autor principal. Correo electrónico: adela.gonzalez@tud.upct.es

### Resumen

El objeto de estudio se centra en analizar la repercusión que en el rendimiento del aprendizaje del vuelo puede tener los niveles de cortisol en una muestra de veintinueve alumnos de la Escuela Militar de Transporte Aéreo.

El riesgo que conlleva el vuelo hace que aparezcan situaciones de estrés, que afecten el grado de concentración y alerta. Un grado de estrés excesivamente elevado conlleva niveles de cortisol perjudiciales. Una alta carga de trabajo o descanso insuficiente pueden guardar relación con ello y terminar por repercutir, en el aprendizaje de vuelo.

En lo que respecta a la enseñanza, la gestión de dicho estrés adquiere una dimensión e importancia tal, que puede llegar a ser determinante. Los alumnos, debido fundamentalmente a la inexperiencia, hacen frente de

forma continua a situaciones nuevas y, en definitiva, momentos en los que se sienten superados.

No obstante, el estrés se manifiesta de forma diferente en cada individuo, así como sus consecuencias y la reacción ante el mismo. El carácter, la presión a la que se es sometido, el descanso o la sobrecarga de trabajo son algunos de los factores que influyen en ello.

En el presente estudio, se analizaron los niveles de cortisol de los alumnos pilotos, mediante la toma de una muestra de saliva una vez concluido el vuelo.

En el caso a estudiar, los alumnos de la Escuela Militar de Transporte Aéreo (EMTA), situada en la Base Aérea de Matacán, serán sometidos a pruebas de cortisol en diferentes momentos de su curso de formación. Dichas pruebas, irán acompañadas de cuestionarios acerca de sus percepciones de estrés, carga de trabajo y descanso, además de una medición objetiva de sus horas de sueño los dos días previos al vuelo.

## Palabras clave

Alumnos, Estrés, Formación, Militar, Vuelo.



DESEi+d 2024-106

## Componentes para la comunicación efectiva aplicable a proyectos de Defensa y Seguridad

**Olalla, Beatriz<sup>1\*</sup>; Díaz, David<sup>2</sup>; Gómez, Mariano<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Isdefe. Calle Beatriz de Bobadilla, 28040. Madrid. Correo electrónico: bolalla@isdefe.es

<sup>2</sup> Isdefe. Calle Beatriz de Bobadilla, 28040. Madrid. Correo electrónico: ddiaz@isdefe.es

<sup>3</sup> Isdefe. Calle Beatriz de Bobadilla, 28040. Madrid. Correo electrónico: mgplaza@isdefe.es

\* Autor principal. Correo electrónico: bolalla@isdefe.es

### Resumen

La gestión efectiva de las comunicaciones en los proyectos, y de manera especial en los proyectos de Defensa y Seguridad, es un aspecto clave para garantizar su éxito. Esta gestión involucra a múltiples interesados y puede estar condicionada por varios factores que pueden constituir un punto bloqueante en dichas comunicaciones. El Jefe de Proyecto o Jefe de Programa (JP) debe ser consciente de esta importancia, así como de los factores que pueden impactarla y, de este modo, determinar la adecuada estrategia y selección de métodos y modelos de comunicación de forma que pueda garantizar el éxito de esta.

En este trabajo se exponen estos múltiples componentes, proporcionando un enfoque y sugerencias para abordar esta misión, a fin de construir y ejecutar una estrategia exitosa.

**Palabras clave**

Comunicación, Eficacia, Modelo, Plan, Proceso, Proyectos.





DESEi+d 2024-112

## Aplicación de ABP+AHP en la enseñanza militar de perfeccionamiento. Aplicación a la gestión de programas de la defensa

Ruiz, Carlos<sup>1\*</sup>; Sebastián, María Victoria<sup>1</sup>; Navarro, Elvira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario de la Defensa. Zaragoza (CUD-Zaragoza). Carretera Huesca s/n, 50090. Zaragoza. Correo electrónico: [informacioncud@unizar.es](mailto:informacioncud@unizar.es)

\* Autor principal. Correo electrónico: [cruizl@unizar.es](mailto:cruizl@unizar.es)

### Resumen

La toma de decisiones es un aspecto inherente al ser humano y adquiere vital importancia cuando estas afectan a un grupo de personas o a una gran organización. Estas decisiones se pueden tomar de forma subjetiva, basándonos en la intuición y en la experiencia, o bien aplicando el método científico. Podría definirse como la elección por parte de un centro decisor (un individuo o grupo de individuos) de «lo mejor» entre «lo posible». Una vez determinado lo posible (conjunto factible), se aborda la determinación de lo mejor.

En la DGAM, Dirección General de Armamento y Material, se están tomando continuamente decisiones en sus oficinas de programas. Decisiones que afectan a adquisiciones, capacidades o necesidades. Y no es fácil. Necesitan herramientas de ayuda a la decisión, con rigor metodológico y

científico, que les facilite estas tareas. El Máster Universitario en Dirección y Gestión de Adquisiciones de Sistemas para la Defensa (MAD) que imparte el Centro Universitario de la Defensa Zaragoza (CUD-Zaragoza), resultado de la colaboración DIGEREM y DGAM, se crea con la finalidad de integrarlo en el Curso de gestión de Programas para la formación de calidad de sus alumnos. Es una gran oportunidad para los oficiales de las oficinas de programas y de la logística para adquirir metodologías y técnicas que les ayuden a tomar esas decisiones inherentes a sus empleos y destinos con rigor científico.

En este trabajo se presenta la aplicación de ABP (*Problem-Based Learning*) combinada con AHP (*Analytic Hierarchy Proccess*) como metodología pedagógica, así como casos prácticos y propuestas de empleo de éxito realizadas por los alumnos mientras cursaban dicho máster, que podrían llegar a aplicar en la toma de decisiones en los respectivos programas de la DGAM y los Ejércitos.

### Palabras clave

MAD, DGAM, DIGEREM, ABP, AHP.



DESEi+d 2024-150

## Punto de partida y perspectiva del servicio militar obligatorio en España

Vílchez Vivanco, María<sup>1, 2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Jaén (UJA). Campus Las Lagunillas, s/n, 23071, Jaén. Correo electrónico: mvivanco@ujaen.es

<sup>2</sup> Real Academia de Jurisprudencia y Legislación de España. Calle del Marqués de Cubas, n.º 13, Centro, 28014, Madrid. Correo electrónico: mondragones057@gmail.com

\* Autor principal. Correo electrónico: mvivanco@ujaen.es

### Resumen

La presente comunicación refleja los resultados de una investigación sobre el servicio militar obligatorio en España. La vuelta de este o de un sistema similar es algo que, de manera recurrente, sucede en los medios de comunicación y en los debates. Con la invasión de Rusia a Ucrania se ha producido, en especial en la Unión Europea, un desarrollo de medidas conducentes al establecimiento de una mayor seguridad. En este contexto, hay países que mantienen el servicio o medidas equivalentes mientras que otros los eliminaron, volviendo ahora a plantear la posibilidad de volver a la anterior situación.

Los datos obtenidos son resultados de la realización de diferentes grupos de investigación con jóvenes que tienen formación en Administración Pública, los cuales han dado una opinión personal a la vez que técnica en

relación con el posible restablecimiento o toma de medidas similares al servicio militar. Los resultados son opiniones de iniciados en la materia con un mayor conocimiento de la aplicación de las medidas y opciones.

Los resultados se orientan a la posibilidad, en caso de necesidad, de un servicio de formación a la ciudadanía en cuestiones de seguridad a la idea de los sistemas de «movilización total». El servicio que se plantea más acertado de cara al futuro sería uno de carácter civil que no afecte, si no que complete la labor de unas Fuerzas Armadas Profesionales.

### Palabras clave

España, Geoestrategia, Seguridad, Servicio militar obligatorio, Sociedad.





 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE DEFENSA	SUBSECRETARÍA DE DEFENSA
		SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
		SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL