

# Presentación libro blanco sobre Automatización UAS

Antidio Viguria Jiménez (CATEC)  
Coordinador GT Autonomía de la PAE

## ¿Por qué es importante la automatización en los UAS?

- El sector de los UAS se encuentra en un punto crucial
- Se están requiriendo cada vez más servicios más complejos y que ofrezcan un mayor nivel de eficiencia
  - Operaciones BVLOS
  - Enjambres
  - ...
- Para ello es fundamental aumentar el nivel de automatización, que permitirá:
  - Aumentar el nivel de seguridad de las operaciones aéreas
  - Incrementar la eficiencia de las misiones
- Todo ello es fundamental para el crecimiento del sector UAS en los próximos años



# ¿Qué es la automatización en los UAS?

- Se refiere al uso de máquinas u ordenadores (mediante SW), en vez de personas, para llevar a cabo una tarea del sistema aéreo no tripulado.
- Es importante recalcar que no es blanco o negro, sino una escala de grises
  - Distintos niveles de automatización
- Ejemplo de niveles de automatización de definidos por JARUS

## Referencia:

- Methodology for Evaluation of Automation on UAS Operations: [http://jarus-rpas.org/wp-content/uploads/2023/06/jar\\_21\\_doc\\_JARUS\\_Methodology\\_for\\_Evaluation\\_of\\_Automation\\_for\\_UAS\\_Operation\\_s.pdf](http://jarus-rpas.org/wp-content/uploads/2023/06/jar_21_doc_JARUS_Methodology_for_Evaluation_of_Automation_for_UAS_Operation_s.pdf)

**Level 0 – Manual Operation:** The human fully responsible for function execution, with no machine support.

**Level 1 – Assisted Operation:** The machine operates in an out-of-the-loop supporting role to the human in executing the function, e.g., provision of relevant information.

**Level 2 – Task Reduction:** The machine operates in an in-the-loop management role in reducing human workload to accomplish the task, e.g., conflict alert and resolution advisory based on predicted flight paths.

**Level 3 – Supervised Automation:** The machine executes the function under the supervision of the human who is expected to monitor and intervene as required, e.g., an automatic traffic collision and avoidance (TCAS) system tied to an autopilot which can automatically perform a manoeuvre when a Resolution Advisory is alerted.

**Level 4 – Manage by Exception:** The machine executes the function alerting the human in the event of an issue. The human is not required to monitor the function in real time and is able to intervene at any time after being alerted by the machine to an issue.

**Level 5 – Full Automation:** The machine is fully responsible for function execution. The human is unable to intervene in real-time either due to practical limitations or deliberate exclusion within the ODD.

Table 1 Automation Level of an Individual Function Supporting UAS Flight Operations

Criteria	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
	Manual Operation	Assisted Operation	Task Reduction	Supervised Automation	Manage by Exception	Full Automation
Human-Machine Teaming	Human led	Human-In-the-loop	Human-In-the-loop	Human-In-the-loop	Human-On-the-loop	Human-Off-the-loop
Fallback (Integrity Thresholds Exceeded)	Human	Human	Human	Human	Fall back Ready Human (Operator/ATS)	Machine (Limited or Segregated Operations)
System Function Examples	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Sustained Aircraft Maneuver Control	Human	Human AND Machine	Machine (Managed by Human)	Machine (Supervised by Human)	Machine	Machine
Object and Event Detection and Response (OEDR)	Human	Human	Machine (Managed by Human)	Machine (Supervised by Human)	Machine	Machine
Communication with External Systems (Ground and Airspace systems)	Human	Human	Human OR Machine (Managed by Human)	Machine (Supervised by Human)	Machine	Machine

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Objetivos

- Dar una visión 360º (tecnológica, regulatoria , sector industrial y aceptación social) para destacar la importancia de la automatización en el sector UAS
  - Presentar un estado del arte de las tecnologías fundamentales para incrementar la automatización de los UAS
  - Ofrecer una breve visión del entorno regulatorio relacionado con la automatización UAS
  - Explicar el impacto que este tipo de tecnologías puede tener en el sector industrial UAS
  - Aspectos a tener en cuenta para aumentar la aceptación social de UAS altamente automatizados

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

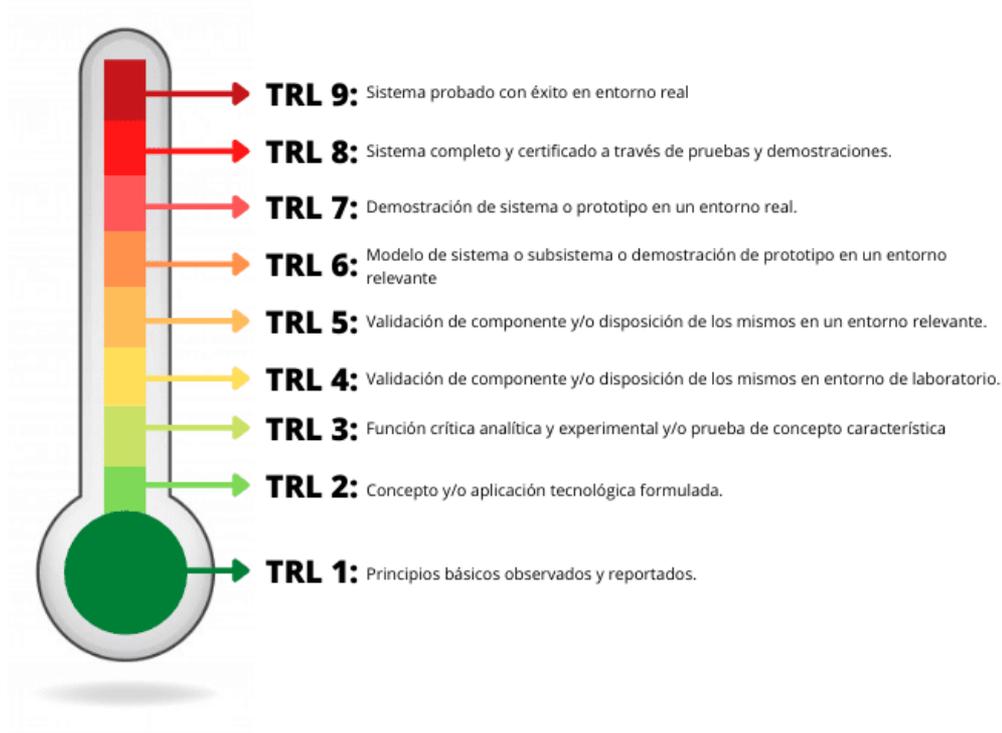
- Objetivos

- Dar una visión 360º (tecnológica, regulatoria , sector industrial y aceptación social) para destacar la importancia de la automatización en el sector UAS
  - **Presentar un estado del arte de las tecnologías fundamentales para incrementar la automatización de los UAS**
  - Ofrecer una breve visión del entorno regulatorio relacionado con la automatización UAS
  - Explicar el impacto que este tipo de tecnologías puede tener en el sector industrial UAS
  - Aspectos a tener en cuenta para aumentar la aceptación social de UAS altamente automatizados

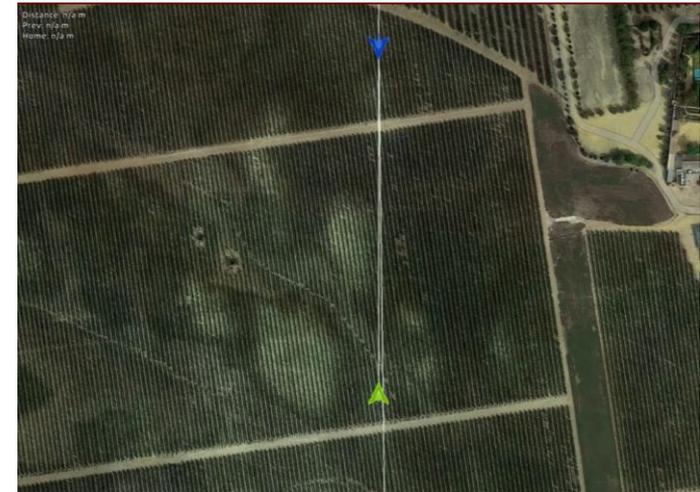
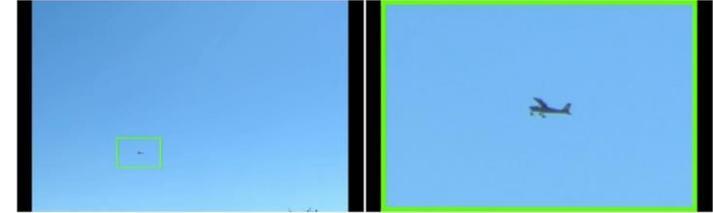
# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Estado del arte de las tecnologías fundamentales para incrementar la automatización de los UAS
  - Detección y evitación (DAA) tanto de otros usuarios del espacio aéreo como obstáculos e infraestructura en tierra
  - Conciencia situacional
  - Inteligencia a bordo
  - Despegue y aterrizaje de precisión
  - Detección, identificación y reconfiguración ante fallos
  - Ciberseguridad
  - Enjambres (swarming)

- Niveles de maduración tecnológicos



- Detección y evitación
  - Capacidad del UAS de detectar y evitar otras aeronaves de forma automática
    - Detección
      - No cooperativa: mediante sensores embarcados (cámaras, radares, etc.)
      - Cooperativa: compartiendo el posicionamiento de los otros usuarios de espacio aéreo (por ejemplo ADS-B, ADS-L, etc.) en tiempo real
    - Evitación
      - Replanificación y/o cambio automático de la trayectoria en tiempo real para evitar una posible colisión o conflicto
  - Fundamental para la integración segura del UAS en el espacio aéreo
  - Sistemas maduros a nivel tecnológico, pero aún no cualificados (TRL 5-6)

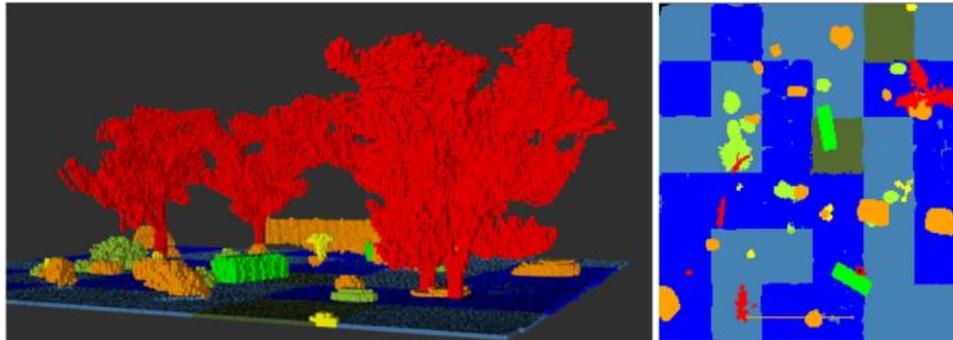


- Detección y evitación
  - Capacidad del UAS de detectar y evitar obstáculos o infraestructuras en tierra
    - Detección
      - No cooperativa: mediante sensores embarcados (cámaras, LIDAR, etc.)
    - Evitación
      - Replanificación y/o cambio automático de la trayectoria en tiempo real para evitar una posible colisión o conflicto
  - Fundamental para realizar operaciones aéreas cerca de obstáculos (trabajos aéreos de inspección de infraestructuras, operaciones de logística en entornos urbanos, etc.)
  - Sistemas maduros a nivel tecnológico, pero aún no cualificados (TRL 5-6)



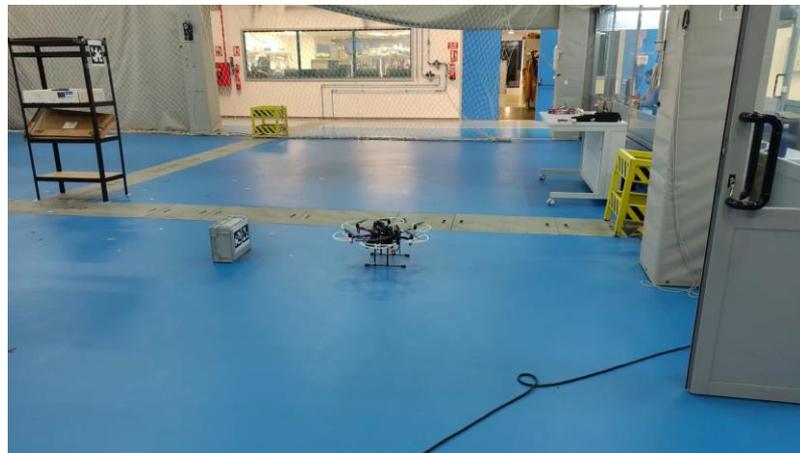
# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Conciencia situacional
  - Generación en tiempo real de mapas 3D, a partir de sensores embarcados, donde se identifiquen distintos tipos de objetos, tanto estáticos como móviles.
    - Para ello es necesario clasificar una imagen o una escena tridimensional en múltiples segmentos o regiones y asignar una etiqueta semántica a cada segmento en función de su contenido.
  - Capaz de gestionar zonas de grandes extensiones.
    - También existen tecnologías que permiten compartir información entre varios UAS para así mejorar la precisión y resolución de los mapas.
  - Un paso más allá a la detección. Fundamental para desarrollar inteligencia embarcada.
  - Sistemas validados a nivel de laboratorio o en entornos muy controlados (TRL 4)



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

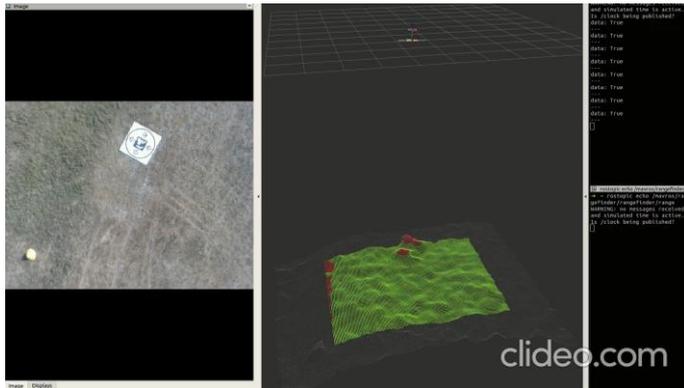
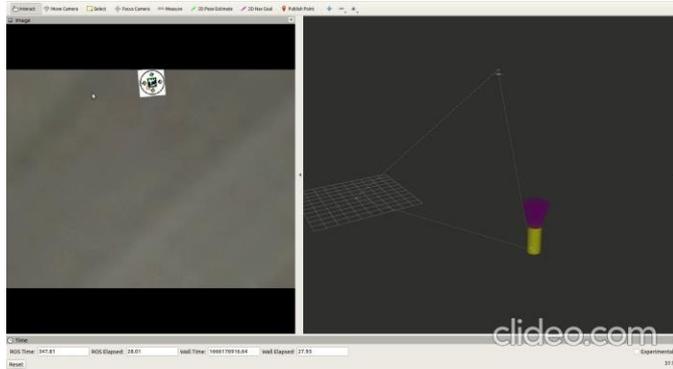
- Inteligencia a bordo
  - En aplicaciones con un alto grado de automatización, las aeronaves ganan responsabilidad en la toma de decisiones
    - No ya solo una simple navegación entre puntos de forma preprogramada
    - Sino de una navegación autónoma con toma de decisión en tiempo real para aumentar la seguridad o mejorar la eficiencia
  - Fundamental en entornos dinámicos en cuando el UAS debe replanificar continuamente sus acciones en situaciones no planificadas a priori
  - Además permite interactuar con el UAS a nivel de objetivos o misiones de alto nivel, que luego son desglosadas en tareas interdependientes
    - Recientemente el uso de LLM y la IA Generativa también facilita para entender de forma correcta tareas abstractas definidas por un operador
  - Dependiendo la complejidad, sistemas validados en entornos controlados (TRL 4), o sistemas maduros a nivel tecnológico, pero aún no cualificados (TRL 5-6)



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Despegue y aterrizaje de precisión
  - Aterrizajes en entornos con GNSS denegado o que requieren mucha precisión por estar cerca de obstáculos
    - En entornos de estructurados:
      - Sobre plataforma fija o incluso móvil
    - En entornos no estructurados que requieren de la identificación previa de una zona apropiada para el aterrizaje
  - Principales retos:
    - Estimación precisa y robusta de la posición relativa
    - Control preciso de la aeronave en condiciones aerodinámicas adversas (vientos, efecto suelo, etc.)
  - Sistemas maduros a nivel tecnológico, pero aún no cualificados (TRL 5-6)

- Despegue y aterrizaje de precisión



- Despegue y aterrizaje de precisión



- Detección, identificación y reconfiguración ante fallos
  - Es de gran importancia dotar a los UAS de equipos que permitan unas operaciones seguras y confiables que minimicen el impacto de fallos que se puedan producir en determinados sistemas durante su funcionamiento.
  - Sistemas clásicos
    - Uso de redundancia y técnicas de procesado de señal para identificación de fallos
    - Esta tecnología está ya en TRL 9
  - Sistemas más innovadores
    - Reconfiguración de sensores y actuadores para mantener un nivel mínimo de funcionalidad y controlabilidad de la plataforma
    - Uso de IA para la detección e identificación prematura de fallos
    - Uso de sensores de varias plataformas aéreas para suplir la información de los sensores embarcados
  - Sistemas validados a nivel de laboratorio o en entornos muy controlados (TRL 4)



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Ciberseguridad

- A medida que aumenta el número de drones y su conectividad con redes externas, también crece el riesgo de ciberataques a los UAS
  - En 2013, un grupo de investigadores de seguridad descubrieron una vulnerabilidad en el protocolo de comunicación de drones militares Predator y Reaper. Esta vulnerabilidad permitía que un atacante interceptara las señales de control del dron y tomara el control del mismo.
  - En 2019, el Departamento de Seguridad Nacional de EE. UU. emitió una alerta de seguridad que advertía sobre el riesgo de que los drones fabricados en China pudieran ser utilizados para espiar a los ciudadanos estadounidenses y recopilar datos sensibles. La alerta también señalaba que los drones podían ser vulnerables a ataques cibernéticos.
- Las soluciones de ciberseguridad para UAS son cada vez más sofisticadas y deben evolucionar constantemente para abordar los nuevos riesgos y amenazas emergentes.

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Ciberseguridad

- Resulta patente la necesidad y especial interés de establecer y llevar a la práctica metodologías y herramientas que pongan a prueba los drones en diferentes escenarios, condiciones y operaciones, con el fin de evaluar los límites técnicos y operativos, así como identificar y clasificar en la medida de lo posible los riesgos y vulnerabilidades que puedan afectar a los sistemas.
- Obviamente la ciberseguridad de cualquier vehículo conectado es un aspecto de suma importancia hoy en día, pero resulta de especial interés en vehículos que tengan una mayor autonomía en su operación. Especialmente en UAS altamente autónomos es un aspecto poco investigado y que cobrará una gran importancia en los próximos años.
- Dependiendo la complejidad, sistemas validados en entornos controlados (TRL 4), llegando incluso a sistemas ya cualificados (TRL 9)

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Enjambres (Swarming)
  - Swarming se refiere a un comportamiento coordinado exhibido por un grupo de vehículos aéreos no tripulados en el que varios UAS trabajan juntos de manera colaborativa para lograr un objetivo común.
  - En un enjambre, los UAV individuales se comunican entre sí y exhiben un comportamiento colectivo. Este comportamiento colectivo permite a los UAV realizar tareas como inspección cooperativa, seguimiento cooperativo, vigilancia y reconocimiento, entre otras.
  - Enfoques:
    - Centralizados
    - Distribuidos
    - Híbridos
  - Estas tecnologías también se pueden aplicar a enjambres multidominio donde los vehículos aéreos se combinan con vehículos marítimos o terrestres para diferentes operaciones.
  - Dependiendo de la complejidad, sistemas validados a nivel de laboratorio o en entornos muy controlados (TRL 4) o sistemas maduros a nivel tecnológico, pero aún no cualificados (TRL 5-6).

- Enjambres (Swarming)



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Objetivos

- Dar una visión 360º (tecnológica, regulatoria , sector industrial y aceptación social) para destacar la importancia de la automatización en el sector UAS
  - Presentar un estado del arte de las tecnologías fundamentales para incrementar la automatización de los UAS
  - **Ofrecer una breve visión del entorno regulatorio relacionado con la automatización UAS**
  - Explicar el impacto que este tipo de tecnologías puede tener en el sector industrial UAS
  - Aspectos a tener en cuenta para aumentar la aceptación social de UAS altamente automatizados

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Estado actual de la regulación y futuras necesidades
  - Regulación europea de UAS (requisitos aplicables al UAS)



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Estado actual de la regulación y futuras necesidades
  - Categoría abierta:
    - Operaciones siempre con piloto y VLOS
      - El nivel de automatización está limitado (niveles 2/3)
  - Categoría específica
    - La regulación europea permite a día de hoy la operación de sistemas aéreos autónomos (en teoría nivel 5) en la categoría específica (Reglamento de Ejecución UE 2019/947).
      - Sin embargo, aún no se ha desarrollado material guía o medios de cumplimiento que defina los requisitos que deben cumplir las funcionalidades automatizadas para ser incluidas en una autorización operacional (sobre todo para SAIL I-IV que no requieren CoA/TC)
      - En este aspecto es relevante mencionar el documento “JARUS Methodology for Evaluation of Automation for UAS Operations” en el que AESA ha tenido un papel muy relevante
  - Categoría certificada
    - Operaciones siempre con piloto
      - El nivel de automatización está limitado (niveles 2/3)

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Estado actual de la regulación y futuras necesidades
  - Por otra parte uno de los aspectos claves para incrementar la madurez tecnológica de las tecnologías de automatización es la cualificación/certificación de este tipo de sistemas (sobre todo para operaciones de mayor riesgo categoría específica con SAIL >IV y certificada)
  - La irrupción de la Inteligencia Artificial en muchas de las tecnologías de automatización complica este aspecto, sobre todo para sistemas críticos de vuelo en operaciones de alto riesgo que requieran niveles de aseguramiento altos (IDAL A o B).
  - Aunque EASA está llevando a cabo un esfuerzo importante en trabajar en cómo cualificar este tipo de tecnologías, y ha publicado en marzo de 2024 la segunda versión del “Concept Paper” sobre IA y Aprendizaje automático (Machine Learning o ML), todavía se ha limitado la posible cualificación a niveles IDAL C o D y a niveles de automatización bajos (AI level 1A, 1B y 2A).
  - Por lo tanto, actualmente los sistemas que implementen funcionalidades automatizadas basadas en IA y ML deberían centrarse en asistencia al piloto/operador o como mucho en funcionalidades que requieran la colaboración entre ambos y no requerir un nivel de aseguramiento en el desarrollo mayor de IDAL C. Para mayores niveles de automatización o de aseguramiento, todavía hace falta avanzar en la regulación y material guía.

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Estado actual de la regulación y futuras necesidades
  - Aparte de requisito sobre los UAS o la cualificación de sistemas, también tenemos la integración de los UAS en el espacio aéreo
  - El Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664 establece en la Unión Europea un marco regulatorio específico para el U-Space, o espacio aéreo designado para la operación de drones. Esta regulación busca responder al crecimiento y desarrollo de la aviación no tripulada, integrándola de manera segura y estructurada dentro del sistema de aviación europeo, en armonía con la aviación tripulada.
  - Así, el U-Space se configura como una pieza clave dentro del Cielo Único Europeo y una herramienta para el despliegue seguro y coordinado de la aviación no tripulada en el espacio aéreo común.
  - La operación en U-Space también impone requisitos sobre los UAS y sus funcionalidades autónomas.
  - Además los servicios U-space son altamente automatizados y son proporcionados por USSPs que también requieren un nivel de cualificación para su puesta en servicio.

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Estado actual de la regulación y futuras necesidades
  - Aparte de la normativa aeronáutica, es importante tener en cuenta que los UAS altamente automatizados que hagan uso de IA también deberán cumplir la normativa europea en IA.
  - El Reglamento (UE) 2024/1689, en adelante Reglamento (UE) IA, que recientemente ha entrado en vigor va a suponer un hándicap de cumplimiento en esta materia, en la medida que conforme se elevan los niveles de automatización, se van a emplear distintos sistemas de IA, algunos de ellos aplicables a las aeronaves y gestión del tráfico aéreo.
  - Incluso existen dudas de la compatibilidad legal entre el Reglamento (UE) IA, que en principio no permite sistemas completamente autónomos (sino solo supervisados), con el Reglamento (UE) de UAS.
  - Además encontramos varias referencias aeronáuticas en el articulado del Reglamento (UE) 2024 de gran calado (tanto los UAS como U-space), con relación a su consideración como “sistemas de IA de alto riesgo” como el art. 108 que modifica el Reglamento Base. No se trata de un tema baladí a la vista de las exhaustivas obligaciones previstas en el Reglamento (UE) 2024 con relación a los “sistemas de alto riesgo” y que, sin duda, podrían suponer un efecto disuasorio para la inversión europea en esta industria, aumentando así la brecha de competitividad con relación a Estados Unidos (véase el reciente Informe Dragui).
  - Es por ello la importante labor futura de coordinación y armonización entre los reglamentos de la UE.

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Estado actual de la regulación y futuras necesidades
  - En relación a la responsabilidad civil de la operación de sistemas aéreos autónomos
  - A día de hoy, continúa sin soluciones armonizadas en la UE y, en el caso de España, con deficiencias en nuestra regulación.
    - El Reglamento (UE) IA poco establece al respecto, salvo en materia de daños infligidos como resultado de la experimentación realizada en el espacio controlado de pruebas, así como en el caso de pruebas de sistemas de IA de alto riesgo en condiciones reales fuera de los espacios controlados de pruebas para la IA
    - Por otro lado, y en relación a la responsabilidad civil de la operación de sistemas aéreos autónomos, se constata que la PDRCIA (Propuesta de Directiva sobre responsabilidad en materia de IA; que de momento ha sido retirada por la Comisión Europea) evita entrar a regular el régimen sustantivo de responsabilidad civil de sistemas de IA de alto riesgo (entre ellos UAS y sistema de gestión de tráfico aéreo, incluyendo U-space)
    - Por último, en España, en caso de irrogarse daños a terceros en el ámbito de la navegación aérea, se aplica como primer estadio un régimen de responsabilidad estricta, con límites indemnizatorios que no están adaptados ni a las aeronaves no tripuladas y, mucho menos, a las altamente automatizadas y posiblemente autónomas

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Estado actual de la regulación y futuras necesidades
  - Resumen de las nuevas regulaciones aplicables a UAS altamente automatizados

Regulación/Material Guía	Breve descripción
Reglamento de Ejecución UE 2019/945 y 947	Requisitos sobre los UAS en función del riesgo de la operación
EASA “Concept Paper” sobre IA/ML	Requisitos para la cualificación de sistemas de aeronáuticos (aviación tripulada, UAS y ATM/U-space) que hagan uso de tecnologías de IA y ML
Reglamento de Ejecución (UE) 2021/664	Requisitos CISP, USSP y UAS para operar en espacio aéreo U-space
Reglamento (UE) 2024/1689	Requisitos a cumplir para sistemas que hagan uso de IA

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Objetivos

- Dar una visión 360º (tecnológica, regulatoria , sector industrial y aceptación social) para destacar la importancia de la automatización en el sector UAS
  - Presentar un estado del arte de las tecnologías fundamentales para incrementar la automatización de los UAS
  - Ofrecer una breve visión del entorno regulatorio relacionado con la automatización UAS
  - **Explicar el impacto que este tipo de tecnologías puede tener en el sector industrial UAS**
  - Aspectos a tener en cuenta para aumentar la aceptación social de UAS altamente automatizados

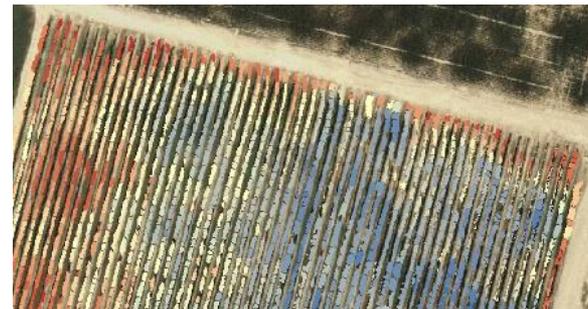
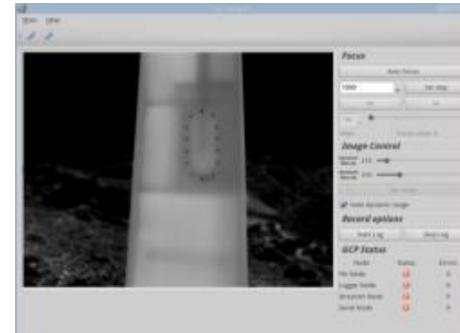
# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - El progresivo incremento del nivel de automatización de las aeronaves no tripuladas es un factor disruptivo con un impacto transversal en el sector
    - Desde los fabricantes de los sistemas hasta los proveedores de servicios y usuarios finales.
  - A continuación se detallan los impactos esperados en los diferentes actores del ecosistema.



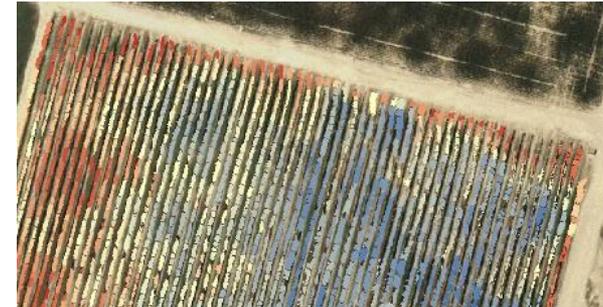
# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Operaciones y usuarios finales.
    - Una de las principales barreras para la adopción de UAS por parte de los usuarios finales es la dificultad de escalar sus operaciones.
    - Por esta razón, los principales casos de uso en la actualidad se limitan a aquellos en los que un uso puntual del UAS es suficiente y donde el piloto puede proporcionar toda la conciencia situacional necesaria.
    - Para hacer económicamente viables muchas aplicaciones, desde la observación de la tierra hasta el transporte de mercancías con UAS, es necesario un cambio de paradigma en el que un solo operador pueda controlar múltiples UAS de forma completamente remota.



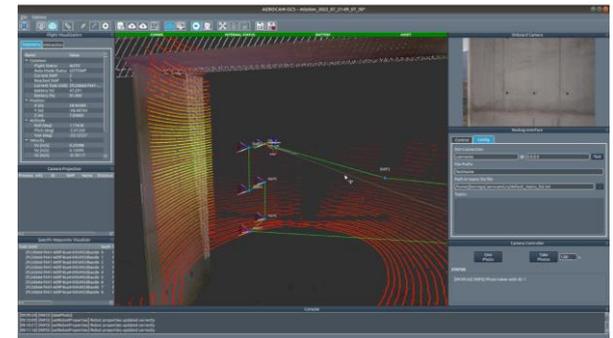
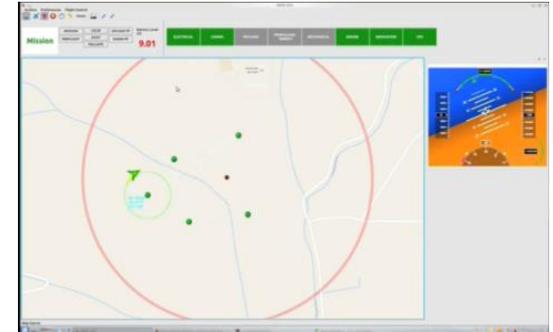
# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Operaciones y usuarios finales.
    - Pasar del paradigma "uno a uno" (un piloto controla un UAS) al "uno a varios" (un piloto controla múltiples UAS) requiere un nivel de automatización 4.
    - Esto no solo permitirá reducir los costes operativos debido al aumento de la productividad de cada piloto, sino también mejorar la eficiencia de las operaciones, al no necesitar que el piloto esté en la misma ubicación que el UAS.
    - Escalar el número de operaciones gracias a la automatización también será el primer paso para disponer de datos suficientes que permitan optimizar las operaciones, incluyendo la optimización de rutas de vuelo y la aplicación de controles adaptativos en los UAS en función de las condiciones.
    - Una vez escalada la operación de UAS gracias a la automatización, se logrará cambiar el paradigma de muchas aplicaciones, desde la captura de datos hasta el transporte de mercancías.



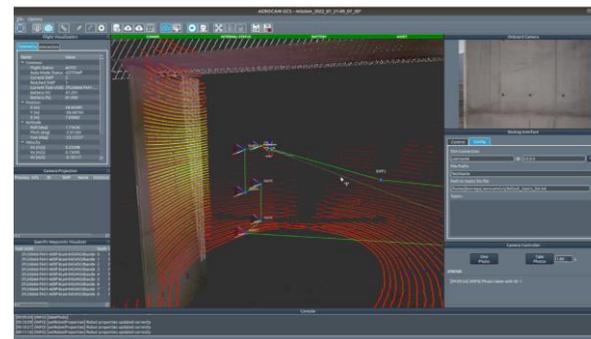
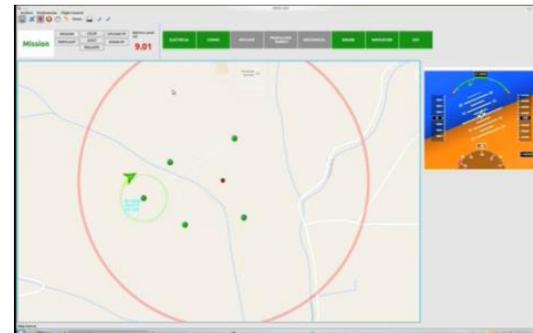
# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Proveedores de servicios
    - El avance en la autonomía de los drones está transformando la capacidad de las empresas de ofrecer nuevos servicios con mayores beneficios para sus clientes.
    - Pero aún queda un largo recorrido para satisfacer las necesidades de eficiencia, seguridad y capacidades que requiere el uso de esta tecnología a escala mundial.
    - Y deben de desarrollarse nuevos tipos de servicios, fundamentales para dotar a los operadores de los UAS, de información geoespacial mejorada que ayude a los UAS a tener una mayor consciencia operacional, de nuevos servicios de coordinación de las operaciones dirigidas a operar bajo un “cielo único” (U-Space) con autorizaciones gestionadas “máquina a máquina”, y de nuevos sistemas de información meteorológica capaces de prevenir condiciones ambientales desfavorables gracias a la toma de datos de las aeronaves ya en vuelo.



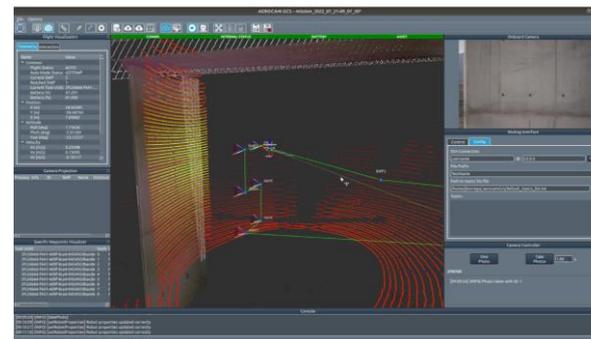
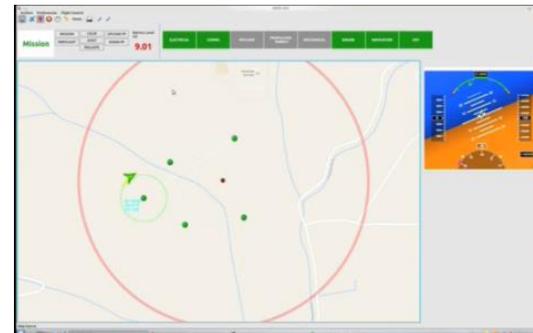
# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Proveedores de servicios
    - Mejora de los servicios para la navegación y posicionamiento que dependen en gran medida de infraestructuras gubernamentales, o la actualización periódica del espectro radioeléctrico, que permita alcanzar mayores distancias y mejores capacidades en materia de ciberseguridad.
    - Una vez hayamos madurado los servicios, las primeras misiones completamente autónomas se centrarán en casos de uso específicos y controlados, donde los drones requieran operar de manera segura y eficiente.
      - Por ejemplo, trabajos recurrentes sobre infraestructuras, sea de inspección, de monitorización o de vigilancia, tenderá a llevarse a cabo de manera desatendida por sistemas aéreos



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Proveedores de servicios
    - La integración de nuevos servicios no solo va a producir un aumento drástico en la eficiencia de las operaciones, sino que se proporcionarán una reducción sobre los costes operativos, ya que no solo permitirá que operen vehículos más autónomos, sino que a su vez, cada uno de estos sistemas se empleará para múltiples misiones por vuelo.
    - Es esencial que los proveedores se mantengan al día con las regulaciones locales e internacionales para asegurar que sus servicios y tecnologías cumplan con los estándares requeridos.
    - Además, la adopción de estándares rigurosos de seguridad y privacidad es fundamental para proteger los datos y las operaciones de los drones autónomos. Esto incluye la implementación de medidas de ciberseguridad avanzadas y la garantía de que los datos recolectados se manejan de manera responsable y segura.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector

- Fabricantes

- El desarrollo y la integración de las capacidades de autonomía en los diferentes productos tiene también implicaciones muy relevantes para los todos fabricantes involucrados en la cadena de valor.
- Las expectativas de la industria son de un crecimiento muy significativo en el mercado de las tecnologías relacionadas con el vuelo autónomo en las próximas décadas, pero esto requiere afrontar unos retos iniciales importantes.
- La colaboración entre los fabricantes de estos sistemas y los fabricantes de aeronaves que los integran en sus productos es crucial para asegurar que las necesidades y prestaciones que unos y otros pueden ofrecer son entendidas correctamente, y que los desarrollos avanzan en la misma dirección, maximizando las sinergias.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Fabricantes
    - El desarrollo de estas nuevas capacidades exige a los fabricantes inversiones importantes en I+D, al tratarse de tecnologías en niveles de madurez bajos, y la adquisición de nuevos conocimientos y capacidades técnicas, bien mediante formación del personal existente o la contratación de nuevos perfiles especializados.
    - Estos perfiles, relacionados son altamente demandados por diferentes industrias, lo que exige a los fabricantes del sector aeroespacial esfuerzos adicionales para conseguir atraer talento en un mercado laboral tan competitivo.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Fabricantes
    - Los fabricantes se encuentran también con el problema de la falta de un marco regulatorio compatible con las nuevas tecnologías y paradigmas de vuelo autónomo.
    - Esto deriva en una fuerte barrera de entrada para los fabricantes, especialmente para el caso de pequeñas y medianas empresas, que tienen que decidir si afrontar el riesgo de embarcarse en nuevos desarrollos con las inversiones y esfuerzos asociados mencionados sin la certeza de saber si sus productos podrán ser finalmente certificados, y en consecuencia, comercialmente viables.
    - En este aspecto, la colaboración entre la industria y los reguladores es de nuevo clave para avanzar de forma conjunta en la definición de una regulación que garantice que se cumple con los niveles de seguridad necesarios, y al mismo tiempo tenga en cuenta los aspectos intrínsecos de las tecnologías asociadas para asegurar que su aplicación es factible.



- Impacto en el sector
  - Fabricantes
    - Todos estos retos son a la vez una **gran oportunidad para la industria española del sector**, que si es capaz de afrontarlos adecuadamente, puede capacitarse y posicionarse como un proveedor clave de productos y tecnologías de alto valor añadido en el mercado internacional.



- Impacto en el sector
  - Desarrollo tecnológico y capacidades del sector
    - El avance hacia aeronaves altamente automatizadas (autónomas) representa un cambio significativo en el ecosistema.
    - Los centros tecnológicos y universidades, como actores clave en el desarrollo tecnológico, enfrentarán impactos significativos que pueden ser tanto desafíos como oportunidades.
    - El incremento en la autonomía de las aeronaves ofrece una oportunidad estratégica para que los centros tecnológicos y universidades lideren el desarrollo del sector de drones y UAS, pero también puede provocar que nos quedemos desfasados sino conseguimos mantenernos en el estado del arte.
    - A través de inversiones en I+D, colaboración público-privada, marcos regulatorios flexibles y desarrollo de nuevos perfiles profesionales, estas instituciones pueden posicionarse a la vanguardia de la innovación tecnológica en aeronaves autónomas.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Desarrollo tecnológico y capacidades del sector
    - **Adquisición de Nuevas Capacidades en el Ecosistema**
      - La automatización creciente en las aeronaves presenta una oportunidad única para que los centros tecnológicos y universidades fortalezcan y desarrollen el sector localmente, mediante por ejemplo su expansión tecnológica y operativa con el desarrollo de polos de tecnológicos que aumenten la soberanía tecnológica nacional y europea.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Desarrollo tecnológico y capacidades del sector
    - **Contribución de los Centros Tecnológicos y Universidades**

- Las universidades y centros tecnológicos serán los motores de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), aportando investigación avanzada y desarrollando innovaciones que pueden ser llevadas a la industria para ser comercializadas por empresas del sector.
- La creación de laboratorios especializados en IA aplicada a UAS, robótica aérea, simulación de vuelo autónomo y ciberseguridad para drones serán esenciales. Además, estas instituciones pueden ofrecer programas de formación continua para mantener actualizados a los profesionales del sector.
- A través de inversiones en I+D, colaboración público-privada y desarrollo de nuevos perfiles profesionales, estas instituciones pueden posicionarse a la vanguardia de la innovación tecnológica en el sector espacial.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Desarrollo tecnológico y capacidades del sector

## ■ Inversiones Necesarias en I+D

- Para aprovechar plenamente estas oportunidades, como en el caso de los fabricantes, se requerirán inversiones significativas en I+D.
- Estas inversiones deben enfocarse en infraestructura de laboratorio, adquisición de equipamiento de alta tecnología y contratación equipos de investigación y desarrollo especializados.
- El financiamiento de proyectos de investigación colaborativos con la industria también será vital para generar avances significativos y aplicables a corto y medio plazo.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Desarrollo tecnológico y capacidades del sector
    - **Colaboraciones Público-Privadas, entre Centros Tecnológicos/Universidades e Industria y Soporte de las Administraciones Públicas**
      - Para la financiación de proyectos con un alto nivel de capital necesario, el apoyo de las administraciones públicas será fundamental.
      - Las colaboraciones público-privadas, incluyendo las colaboraciones entre centros tecnológicos, universidades e industria, pueden impulsar la investigación y facilitar la transferencia de tecnología y conocimiento al sector industrial.
      - Estas colaboraciones son esenciales para el desarrollo de tecnologías avanzadas y la formación de profesionales altamente cualificados.
      - Además, el establecimiento de redes de colaboración entre universidades, centros tecnológicos y empresas fomentará un ecosistema robusto y dinámico.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Impacto en el sector
  - Desarrollo tecnológico y capacidades del sector
    - **Alternativas en la Regulación: Sandboxes**
      - Para acelerar el desarrollo y experimentación de tecnologías autónomas, es crucial contar con un marco regulatorio flexible.
      - La implementación de sandboxes regulatorios permitirá realizar vuelos experimentales en entornos controlados, reduciendo las barreras burocráticas y permitiendo pruebas más ágiles y seguras, antes de la puesta en servicio o acceso comercial de estos vehículos aéreos.
      - Esto facilitará la validación de tecnologías emergentes y su posterior integración en el mercado.



- Impacto en el sector
  - Desarrollo tecnológico y capacidades del sector
    - **Desarrollo de Nuevos Perfiles Profesionales**
      - La evolución hacia sistemas 100% autónomos transformará el perfil profesional del sector.
      - El rol del piloto de drones se adaptará hacia tareas de supervisión y gestión de flotas autónomas, requiriendo conocimientos avanzados en sistemas de control y análisis de datos.
      - Igual que en el caso de los fabricantes, perfiles como ingenieros de sistemas autónomos, especialistas en inteligencia artificial aplicada a la navegación aérea y expertos en ciberseguridad para aeronaves serán altamente demandados.
      - La formación en habilidades interdisciplinares, combinando conocimientos en aeronáutica, robótica y software, será clave para el futuro, con un enfoque en programas que combinen teoría y práctica, incluyendo simulaciones y prácticas en entornos reales.



# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Objetivos

- Dar una visión 360º (tecnológica, regulatoria , sector industrial y aceptación social) para destacar la importancia de la automatización en el sector UAS
  - Presentar un estado del arte de las tecnologías fundamentales para incrementar la automatización de los UAS
  - Ofrecer una breve visión del entorno regulatorio relacionado con la automatización UAS
  - Explicar el impacto que este tipo de tecnologías puede tener en el sector industrial UAS
  - **Aspectos a tener en cuenta para aumentar la aceptación social de UAS altamente automatizados**

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Aceptación social

- Los UAS/drones autónomos permitirán que las aeronaves no tripuladas pasen a ser herramientas especializadas a activos indispensables en diversas industrias debido a su capacidad para mejorar la eficiencia, la seguridad y los costes en las operaciones.
  - Sin embargo, los avances tecnológicos no son suficientes, ya que su aceptación por parte de la sociedad será crucial para hacer uso de todo su potencial.
- A pesar de las grandes ventajas potenciales, la adopción de drones sigue siendo limitada, con tasas de aceptación que suelen rondar el 50 %.
  - Los estudios muestran que hay varios factores que influyen en la aceptación pública, como el ruido, la contaminación visual, la privacidad y la autonomía.
  - Si bien los tres primeros aspectos son variables que pueden neutralizarse mediante avances en la tecnología o conceptos operativos, la aceptación de la autonomía está en gran medida influenciada por la actitud y el comportamiento de los individuos hacia esta tecnología.

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Aceptación social
  - Es importante señalar que, aunque esta percepción se basa en inputs subjetivos, ciertos factores cognitivos como la ventaja comparativa, la compatibilidad y factores emocionales como el beneficio social de las operaciones autónomas afectan indirectamente a la aceptación a través de su influencia en estas actitudes e intenciones de comportamiento.
  - Por lo tanto, son importantes estrategias específicas de **comunicación, educación y desarrollo de infraestructura para mejorar la confianza en los UAS autónomos** y, en consecuencia, la aceptación pública de las operaciones de UAS altamente automatizados.
  - Al abordar eficazmente las preocupaciones y enfatizar los beneficios, las partes interesadas pueden crear un entorno propicio para la adopción generalizada de este tipo de tecnologías.

# Libro Blanco sobre Automatización UAS

- Este ha sido un trabajo en equipo 😊
- Muchas gracias a todos los que habéis colaborado en el GT de Autonomía (más de 30 personas de empresas, universidades y centros tecnológicos)
- Y en especial a los coordinadores de sección:
  - Francisco Javier Ramos (AIRBUS)
  - Yolanda Bustos (Univ. Alicante, AEDAE)
- Y por su puesto a Andrés Catalán (Secretario de la PAE)

# Presentación libro blanco sobre Automatización UAS

Muchas gracias por vuestra atención

Antidio Viguria Jiménez (CATEC)

Coordinador GT Autonomía de la PAE