

 <p>AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</p>	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

1 PROPÓSITO:

El propósito de esta directiva vinculante es servir como un método mandatorio para dar cumplimiento de los requerimientos técnicos y operacionales del enlace C2 en una operación de aviación no tripulada con el objetivo de garantizar una comunicación segura y fluida entre la estación de control en tierra y la aeronave no tripulada UA.

2 APLICABILIDAD:

Este documento es aplicable a toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que planea efectuar operaciones con UAS en el territorio colombiano garantizando operaciones seguras y estables de un enlace C2, según los requisitos de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC 100 para sistemas de aeronaves no tripuladas.

3 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:

A menos que se defina de otra manera en esta directiva vinculante, todas las palabras, frases, definiciones y abreviaturas tendrán el mismo significado que aquellos utilizados en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) vigentes.

Los siguientes conceptos son necesarios para definir un enlace C2 confiable y seguro. Es importante considerar las regulaciones, estándares y la ciberseguridad al diseñar e implementar el sistema de enlace C2.

Alcance. - Es la distancia máxima en la que se puede comunicar y controlar la UA de manera inalámbrica con la estación de control en tierra.

Ancho de banda. - Cantidad de datos que se pueden transmitir en un periodo de tiempo. Si el ancho de banda es más grande este permitirá una mejor calidad de transmisión de datos, como videos de alta resolución y de gran tamaño.

Autenticación. - Procedimiento utilizado para garantizar que un control remoto o estación de control en tierra identifique de manera digital una o varios UAS, para establecer una comunicación segura sin permitir el acceso a UAS no identificados, así como que una UA identifique uno o varios controles.

Capacidad de ocultamiento. - Capacidad de una UA para evitar ser detectado o identificado por sistemas de detección, ya sean radares, sensores infrarrojos, sistemas de vigilancia visual o cualquier otro medio de detección.

Comunicación bidireccional. - Capacidad de un sistema de comunicación para intercambiar información en ambas direcciones, es decir, donde cada punto del enlace se vuelve transmisor y receptor conocido como full dúplex.

Control. - Es la capacidad que se tiene sobre un sistema para identificar su estado o actitud y ejercer acciones para intervenir dicho estado o actitud.

 <p>AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</p>	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

Control de carga útil. - Acción determinada en comandos específicos para la manipulación de la carga útil de la UA.

Control de vuelo. - Capacidad que se tiene de maniobrar una aeronave, y sus respectivas actitudes durante el vuelo, tales como: altitud, velocidad, dirección, rumbo, etc. según aplique.

Encriptación. - Protocolo para proteger la confidencialidad de los datos transmitidos en un enlace digital. Esto asegura que la información no pueda ser descifrada o leída por terceros que no tengan el protocolo de cifrado.

Enlace de mando y control (C2). - Enlace de datos entre la aeronave no tripulada o pilotada a distancia y la estación de pilotaje a distancia para fines de dirigir el vuelo. (tomado de RAC 100).

Estación de control en tierra. – Lugar desde donde el piloto UAS y/o operador UAS ejerce comando y control de una aeronave no tripulada, incluyendo el control remoto, pantalla, antenas y todos los elementos que hagan parte de las herramientas de comando y control.

Latencia. - Es el retraso de tiempo de respuesta de un comando específico, medido desde la emisión en la estación de control en tierra y la acción de respuesta de la UA, en un enlace C2 establecido.

Mando. - Es una orden que se emite desde el transmisor para que el receptor realice una acción determinada, también entendido de manera digital como comando.

Monitoreo y detección de intrusiones. - Sistema que garantiza la seguridad y la integridad de los datos transmitidos en un enlace C2 como protección ante posibles amenazas cibernéticas y/o actividades maliciosas.

Operador UA. - Persona que manipula los mandos de control de una UA en categoría abierta durante el tiempo de vuelo de la misma, quien no cuenta con certificado de idoneidad como piloto UAS. (tomada de RAC 100).

Perdida del enlace C2. - Es el estado que ocurre cuando el enlace C2 no está disponible o se ha perdido el control por parte del piloto UAS sobre la aeronave no tripulada.

Piloto UAS. - Persona responsable de realizar tareas esenciales en la operación de una aeronave no tripulada UA en categoría específica, quien manipula los controles de vuelo durante toda la operación aérea. (tomada de RAC 100).

Protección de los datos. - Procedimiento para evitar cualquier alteración o pérdida de los datos durante la transmisión.

Protocolo de comunicación. - Conjunto de estándares que permite la transferencia de datos entre la estación de control en tierra y la UA.

Redundancia del enlace. - Sistema alterno que asegura la continuidad de la comunicación en caso de

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

fallas o pérdida de conexión en el enlace principal. Esto puede incluir la configuración de enlaces secundarios o la capacidad de cambiar automáticamente a frecuencias o canales alternativos.

Resiliencia del enlace. - Capacidad que tiene un enlace C2 para mantenerse y recuperarse de situaciones adversas o interrupciones en la comunicación con la UA.

Sistema tecnológico de gestión de vuelo UAS. - Sistema que integra un enlace C2, por medio del cual se gestiona en tiempo real sobre un sistema de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) la operación aérea de una(s) aeronave(s) no tripulada(s), garantizando el control operacional del vuelo, precisión de posicionamiento, separación, ubicación, seguimiento y respuesta con base en procedimientos preestablecidos a potenciales eventos de mal funcionamiento del enlace C2 y/o eventos de falla de la(s) UA. (tomada de RAC 100).

Transmisión de datos en enlace C2. - Proceso en el que se intercambian comandos e información entre la estación de control en tierra y la UA por medio del enlace C2.

3.1. ABREVIATURAS

AGL Altura sobre el nivel del terreno (Above Ground Level).

BER Tasa de error binario (Bit Error Rate).

BVLOS Visibilidad más allá de la línea de vista (Beyond Visual Line of Sight).

C2 Mando y Control (Command and Control).

FPV Vista en Primera Persona (First Person View).

GCS Estación de control en tierra (Ground Control Station).

RF Radiofrecuencia

UA Aeronave no tripulada (Unmanned aircraft).

UAS | Sistema de aeronave no tripulada (Unmanned aircraft System).

VMC Condiciones meteorológicas visuales (Visual meteorological Conditions).

ZNVD Zona de no vuelo dron.

4 ANTECEDENTES:

De conformidad con el Numeral 19 del Artículo 19 del Decreto 1294 de 2021, es función de la Secretaría de Autoridad Aeronáutica: “Expedir directivas con carácter vinculante en respaldo de las actividades de supervisión de la seguridad operacional y seguridad de la aviación civil, en concordancia con los

 <p>AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</p>	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

Reglamentos Aeronáuticos”.

La aviación civil en Colombia y en el mundo tradicionalmente ha dependido de un piloto que comande la aeronave desde su interior. Sin embargo, al retirar al piloto de la aeronave es esencial analizar este nuevo escenario aeronáutico para dar respuesta a los retos técnicos y operativos que se derivan de este tipo de operación. Todos estos factores son normatizados en el RAC 100 y sus documentos complementarios, para guiar la forma en que se administra el acceso de la aviación no tripulada al espacio aéreo nacional.

El enlace C2, que se establece entre el piloto remoto en una estación de control en tierra (GCS) y la aeronave no tripulada (UA), es de vital importancia en la operación de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS) y es necesario asegurar su conectividad de manera obligatoria. Esto garantizará un rendimiento adecuado a la seguridad operacional en todas las fases del vuelo.

5. REGULACIONES RELACIONADAS:

- OACI. (2021). *Actualizaciones de la OACI Anexo 8, Enlace C2 y DAA*. Obtenido de www.icao.int: <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2021/UASRPAS/P02-UASRPASW2-Development-Annex%208-Javed-SPA.pdf>
- OACI. (2021). CONOPS PARA AERONAVES NO TRIPULADAS (UA). En O. O. Sudamericana, *RVPF-UAS-RPAS/2-NE/02 Rev.*
- LAR, R. A. (Junio 2023). *Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia LAR UAS 102*. Capítulo E - Equipos de comunicación, navegación, vigilancia y enlace C2.
- FAA. (2011). Unmanned Aircraft Systems Aviation Rulemaking Committee. En F. U. ADMINISTRATION, *Unmanned Aircraft Systems Aviation Rulemaking Committee*.
- ANAC. (2017). INSTRUCCIÓN SUPLEMENTARIA - IS N° E94-002. En A. A. aviación, *INSTRUCCIÓN SUPLEMENTARIA - IS N° E94-002*. Brasil.
- AAAES, F. (2022). SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAS) Y SISTEMAS CONTRA UAS (C-UAS). En A. A. ESTADO.
- ITU, U. I. (2023). *Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23)*. ITUPublicaciones.
- UAEAC. (27 de Septiembre de 2023). *RAC 100 Operación de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas UAS*. Obtenido de Aerocivil: <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC-100%20UAS.pdf>
- TC. (2021). Advisory Circular (CA) No. 922-001. En T. Canada.
- Circular 328 AN/190 Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS).

 <p>AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</p>	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

6. MATERIA:

De conformidad con el Numeral 19 del Artículo 19 del Decreto 1294 de 2021 citado anteriormente, esta Directiva tiene carácter vinculante y como tal es de obligatorio cumplimiento para los sujetos y/o actividades descritas en el Numeral 2 precedente, en relación con:

Los criterios para la validación y aceptación del enlace C2 para explotadores UAS.

El interesado o solicitante debe cumplir con los requisitos y condiciones específicas en el enlace C2 para ser validado y aceptado por la Aerocivil. Además, debe indicar las frecuencias y bandas utilizadas, demostrar que el enlace tiene características que garantizan la estabilidad y minimizan la vulnerabilidad del sistema ante interferencias de cualquier índole. Asimismo, se requiere que entregue información detallada sobre la configuración del enlace C2 y los procedimientos en caso de pérdida o deterioro de la comunicación.

El enlace C2 es el medio para controlar el vuelo de la UA y es un factor limitante crítico en su funcionamiento. Por esta razón, el interesado o solicitante debe demostrar la capacidad del enlace y de todos sus componentes, asegurando una estabilidad óptima acorde con la operación prevista y con los protocolos de seguridad operacional.

7. REQUISITOS:

7.1 Toda persona que opere UAS debe considerar las siguientes condiciones para evitar afectaciones en el enlace C2 en cualquier fase del vuelo:

- a) Degradación de enlace C2 por cambios en la atmósfera y/o condiciones meteorológicas.
- b) Degradación, retardos y/o desvanecimiento del enlace C2 por reflexión de las señales debido a la superficie, edificios y la estructura de la aeronave, lo que provocará variaciones en el nivel de la señal de RF recibida a lo largo del tiempo.
- c) Pérdida del enlace C2 debido a fallas del equipo, errores humanos o interferencias electromagnéticas.
- d) Describir la estrategia, acciones y procedimientos del personal en caso de pérdida del enlace C2 previamente en el MO, cumpliendo con lo siguiente:
 - ✓ El operador UAS deberá recibir alerta auditiva y/o visual por pérdida del enlace C2.
 - ✓ Indicar al equipo operador el momento en que se establezca la pérdida del enlace C2 o a quienes participen en una acción de mitigación para su correspondiente reacción.
 - ✓ Las posibles acciones para la recuperación del enlace C2 o de mitigación de efectos tras la pérdida de este.
 - ✓ Los procedimientos tras la recuperación del enlace C2.

 <p>AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</p>	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

- ✓ Los procedimientos tras la pérdida definitiva del enlace C2.
- e) Describir las acciones, programaciones configuradas y respuesta de la UA en caso de pérdida del enlace C2 previamente en el MO, cumpliendo con lo siguiente:
- ✓ Cuando se establece la pérdida del enlace C2 en los UAS utilizados en las operaciones, esto puede ocurrir debido a condiciones de degradación del enlace, tiempo sin respuesta o de retardo de transmisión, desviaciones en los datos, falta de reacción al control o cantidad de datos recibidos, entre otros.
 - ✓ La configuración de acciones de respuesta frente a una pérdida del enlace C2, por ejemplo: para continuar la misión, para retornar a casa, para vuelos estacionarios, para aterrizaje de emergencia, entre otros.

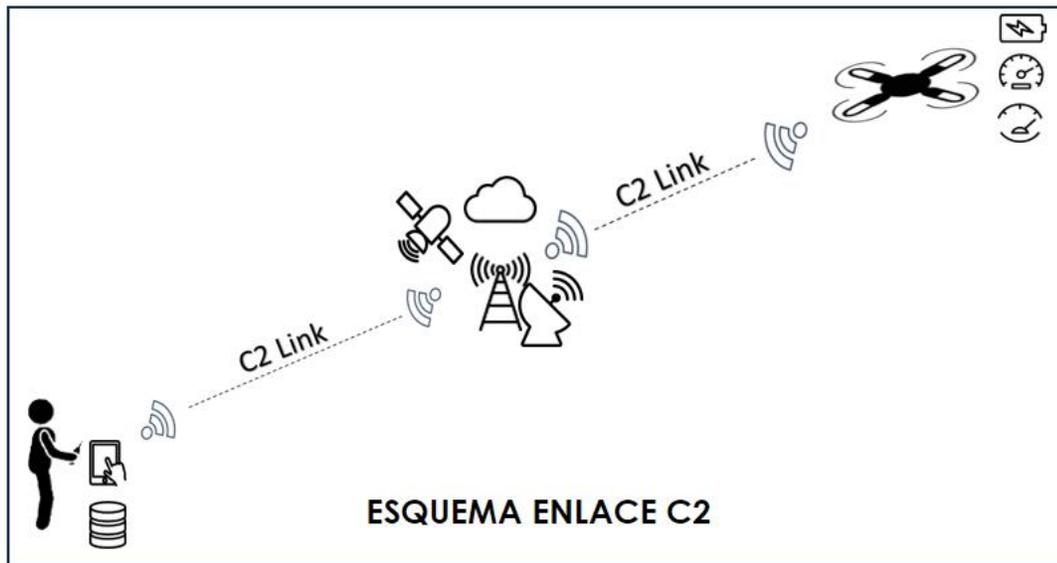


Figura esquema enlace C2 – fuente propia

7.2 Toda operación UAS en categoría abierta y específica debe cumplir como mínimo con los siguientes requisitos del enlace C2:

- a) Las aeronaves deben enviar datos en tiempo real por medio del enlace C2 a la estación de control en tierra, permitiendo la recepción de información sobre el estado, posición, ubicación, altura, nivel de batería y otros detalles de la UA, incluyendo la posibilidad de transmitir video.
- b) Llevar a cabo su operación en las bandas de frecuencia de HF, VHF, UHF, de uso libre o demostrar que cuenta con los permisos de uso de la banda en la cual está enlazándose y clasificarlas indicando cuales está usando para la transmisión de datos, telemetría, comunicación digital y comandos de control.

 <p>AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</p>	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

Nota. - Si se utiliza una banda sin licencia, la operación debe realizarse en conformidad con la normativa aplicable; si se utiliza una banda con licencia debe tener la aprobación de la agencia de gobierno correspondiente (Agencia Nacional del Espectro ANE). El operador debe verificar que está usando las bandas apropiadas en el lugar de operación.

c) Todos los equipos (radios, antenas, cables y conectores) utilizados en la UA y en la estación de control en tierra deben estar en buen estado físico y funcional.

d) Identificar las limitaciones del enlace C2, en términos de frecuencia, alcance, posibles bloqueos de la señal por obstáculos o infraestructura, patrón de radiación de la antena, entre otros.

e) El enlace debe asegurar que el piloto UAS u operador UAS pueda efectuar el vuelo de manera estable y con maniobrabilidad en todo momento.

f) Describir las fuentes de energía y características con las que cuenta en la estación de control en tierra, garantizar que el suministro de energía es eficiente y óptimo para las operaciones a realizar.

7.3 Toda operación UAS en categoría específica debe demostrar, además de cumplir los requerimientos anteriores expuestos en el numeral 7.2, para la aceptación del enlace C2 dentro del proceso de certificación como explotador UAS, su capacidad y estabilidad en operación y dicha información debe estar contenida en el manual de operaciones, con los siguientes requisitos:

a) Los datos que la UA envía en tiempo real al piloto UAS, como mínimo deben ser: posición respecto a la estación de control en tierra, ubicación geográfica, altura y/o altitud, nivel de batería y/o de combustible, actitud o inclinaciones respecto a ejes principales, velocidades referentes a la aeronave y los demás datos que se transmitan incluyendo video en vivo si cuenta con esta característica.

b) Si se utiliza un proveedor de servicios de telecomunicaciones, se debe disponer de un mapa que muestre la cobertura del servicio de enlace en el área donde se planea realizar la operación y durante el tiempo que esta se llevará a cabo.

c) Contar con un documento con el orden de la secuencia de transmisión y recepción de datos, elementos del sistema para emitir datos, su paso por antenas repetidoras y recepción, transmisión y almacenamiento de datos a manera descriptiva o en diagrama con los rangos normales y límites de los equipos principales.

d) Identificar las limitaciones del enlace C2, de acuerdo con el tipo de operación a realizar (por

 <p>AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</p>	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

ejemplo: bloqueo de la antena, límite de alcance, potencia y patrón de radiación de la antena, infraestructura que bloquee la señal, entre otros).

e) Los sistemas del enlace C2 debe contar con herramientas que minimicen los riesgos de interferencia o pérdida del enlace como cifrado de datos, salto de frecuencia, cambio entre operadores de servicios de datos e internet, etc.

f) En el caso en que el UAS permita el cambio entre estaciones de comando y control durante la operación de la UA, este se debe realizar sin oscilaciones o perturbaciones que afecten el vuelo seguro de la UA.

7.4 Los explotadores UAS que van a operar en vuelos BVLOS deben demostrar y cumplir los requerimientos anteriores expuestos en los numerales 7.2 y 7.3, para la aceptación del enlace C2 dentro del proceso de certificación como explotador UAS, su capacidad y estabilidad en operación y dicha información debe estar contenida en el manual de operaciones, con los siguientes requisitos:

a) Describir las condiciones meteorológicas en las cuales el sistema de comunicación utilizado por el enlace C2 es capaz de operar satisfactoriamente, frente a obstáculos naturales o artificiales, efectos de la curvatura de la tierra, entre otros factores presentes en vuelos BVLOS para los cuales el UAS esté diseñado.

b) Describir las condiciones de mantenimiento con las cuales deben contar los sistemas, elementos y equipos usados para asegurar el enlace C2, ya sean parte del equipo integrado del UAS o equipos tecnológicos complementarios, en especial aquellos utilizados para ampliar el alcance en vuelos BVLOS.

c) Descripción de las medidas de protección del enlace C2 contra el acceso no autorizado o posibles ataques cibernéticos tanto a sus funcionalidades, como de la información transmitida.

d) Registro del retardo y tiempo de respuesta del enlace C2 en el cual se demuestre que no constituye un riesgo a la operación. Dichos tiempos deben ser menores a la velocidad de crucero de la UA, esto garantiza que el operador pueda recibir alertas de obstáculos y reaccionar de manera segura para evitarlos.

e) Describir el sistema de detección y evasión de obstáculos que alerte a la estación en control en tierra cualquier maniobra de emergencia que se pudiera requerir, indicando los datos transmitidos y las acciones automáticas relacionadas.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

Nota. - De no contar con un sistema de detección y evasión de obstáculos que garantice las condiciones seguras durante el vuelo este puede ser sustituido o complementado por la transmisión de video en tiempo real y la facultad del piloto UAS de intervenir el vuelo para evitar el obstáculo de manera segura sin que el enlace se pierda.

- f) Contar con los correspondientes datasheet de los equipos utilizados para establecer el enlace C2.
- g) Contar con un sistema de almacenamiento de datos con información de reserva “backup” de todos los datos transmitidos por el enlace C2.
- h) Procedimientos para recuperar el enlace en caso de pérdida o emergencia.
- i) Debe tener documentado el espectro en el que trabaja la antena, lóbulos de cobertura y tipos de antenas utilizadas, identificando los enlaces omnidireccionales y enlaces unidireccionales, teniendo redundancias de transmisión, indicando:
 - ✓ Ganancia de cada antena
 - ✓ Interferencia aceptada
 - ✓ Interferencia perjudicial
 - ✓ Temperatura de ruido equivalente de un enlace por satélite, si aplica.

7.5 Requisitos de telemetría para vuelos BVLOS de los UAS. La siguiente información debe presentarse en la estación de control en tierra y estar disponible para el piloto UAS durante todo el vuelo:

- a) Altitud de la UA (indicando el tipo de medición).
- b) Altura geométrica de la UA.
- c) Ángulos de cabeceo, inclinación y rumbo de la UA.
- d) Dirección y velocidad de vuelo de la UA.
- e) Parámetros del motor UA (opcional).
- f) Indicación y alertas de autonomía de la UA:
 - ✓ Nivel de combustible.
 - ✓ Carga de la batería.
- g) Indicación de la calidad del enlace de mando y control las cuales pueden estar basadas en:
 - ✓ Intensidad de la señal.
 - ✓ Tasa de errores de bits – BER.

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

- ✓ Degradación del enlace.
- ✓ Tiempo de retardo y respuesta del enlace.

h) Posición actual geográfica de la UA superpuesta en un GIS que también muestre la zona donde se autorizó el vuelo.

7.6 El piloto UAS debe tener la capacidad de visualizar las siguientes advertencias que puedan afectar la operación de la UA. Además, estas advertencias deben ser registradas en un log de eventos con respaldo para su uso en vuelos futuros:

- a) Degradación de la información de posición de la UA.
- b) Degradación del enlace de mando y control.
- c) Cantidad de combustible de la UA o carga de baterías.
- d) Alertas que muestren el riesgo de sobrepasar geocercas incluidas las restricciones para el vuelo de aeronave no tripulada.
- e) Alertas que muestren el riesgo de sobrepasar los límites de altura o altitud autorizadas para el vuelo.

Nota. - Las advertencias registradas en el log de eventos son indispensables y deben ser incluidas y analizadas en la colección de datos de seguridad operacional (SDCPS) y para ser monitoreados a través de los indicadores de rendimiento de la seguridad operacional (SPI) en el SMS del explotador UAS.

8. DEMOSTRACIONES POR PARTE DEL SOLICITANTE:

FASE 3 DE LA GUIA PARA OBTENER EL CERTIFICADO DE EXPLOTADOR UAS DONDE SE ESTABLECE EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA RAC 100.42 QUE ADEMÁS DEBERA INCLUIR TODA LA INFORMACION EN EL MO.

Durante el proceso de inspección de las operaciones a certificar a un explotador UAS, el solicitante debe cumplir con lo siguiente en cuanto al enlace C2:

- a) Demostrar un mínimo de vuelos (3 vuelos), en los que se muestra la correcta operación, desempeño y características del enlace C2 a su alcance máximo.
- b) En los casos en los que se hayan presentado fallas alguno de los vuelos de prueba debe volver a realizar las 3 repeticiones una vez corregidas las fallas.
- c) El sistema y sus componentes (antenas, moduladores, cables, conectores, pantallas e

 <p>AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL</p>	DIRECTIVA		
	01 -23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

interfaces digitales) deben ser compatibles y cumplir con las especificaciones descritas en el manual de operaciones.

d) Identificar de manera directa o indirecta las frecuencias destinadas para la transmisión y recepción del enlace C2.

e) Demostrar que la prueba de distancia no supera 400 pies AGL durante todas las fases de vuelo.

f) En caso de utilizar cámara, usar la transmisión de imagen de vídeo (FPV) o de cualquier cámara de la UA, como una de las fuentes primarias de validación de la estabilidad de la transmisión y del enlace C2.

g) Validar que los datos de telemetría de la UA se transmiten permanentemente.

h) La transmisión y recepción de datos debe ser estable a la distancia en la cual se acepta el alcance del enlace C2. A esta distancia se deben realizar giros de 360° a derecha e izquierda y ángulos de alabeo iguales o superiores a 10° o traslaciones laterales uniformes. (los vuelos BVLOS deben realizarse a distancias igual o menor del alcance aceptado).

i) Para determinar la distancia aceptada de alcance de un enlace C2 la transmisión y recepción de datos debe mantenerse a la distancia definida más 20% de la misma, medido entre el GCS y la UA.

j) El enlace C2 debe permitir que software, aplicaciones (apps) o similares utilizados para el mando y control, programación del enlace y seguimiento de la misión, transmitan los datos telemétricos y los utilizados en las diferentes pantallas, registradores y demás dispositivos de información en la estación de control en tierra.

k) El enlace C2 debe tener la cobertura e infraestructura necesaria para garantizar el enlace en la zona de operación UAS, incluyendo si realiza el enlace con apoyo de operadores de red. Los cuales deben estar dentro de los límites identificados.

l) El enlace C2 debe contar con al menos un sistema de redundancia del enlace en frecuencia,

 AERONÁUTICA CIVIL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL	DIRECTIVA		
	01 - 23 - CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENLACE C2 PARA EXPLOTADORES UAS		
	Clave: MAUT-5.0-22-016	Versión: 01	Fecha de aprobación: 06-12-2023

antenas y/u operadores de red para vuelos EVLOS y BVLOS.

m) La redundancia del enlace debe poder alternar manual o automáticamente de manera que el enlace conmute y no se pierda en caso de falla.

n) Pueden ser necesarias demostraciones adicionales con el fin de corroborar el cumplimiento de otros requisitos.

9. VIGENCIA:

La presente directiva vinculante entra en vigor a partir de la fecha de su publicación en la página Web de la Entidad, hasta que sea revisada o revocada.

10. DEROGACIÓN DE DIRECTIVAS ANTERIORES:

N/A

11. CONTACTO PARA MÁS INFORMACIÓN:

Para cualquier consulta adicional respecto a esta directiva vinculante, póngase en contacto con:

Grupo Drones y Movilidad Urbana Aérea.
 Correo: gdmua@aerocivil.gov.co
 Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.
 Avenida Eldorado # 103-23

BOGOTÁ D.C. 06 DE DICIEMBRE DE 2023

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

FIRMA 
CR (RA) RODRIGO RAMÓN ZAPATA ROMERO
 SECRETARIO DE AUTORIDAD AERONÁUTICA

Proyectó: Diego Lisandro Higuera Cárdenas, - Contratista – GDMUA. 
 Revisó: Mario Fernando Rodríguez Montoya. - Inspector de seguridad operacional – DASA. 
 Revisó: Luis Alberto Ramos Valbuena - Director De Autoridad a Los Servicios Aéreos (E). 
 Revisó: Edgar Benjamin Rivera Florez – Coordinador Grupo Estructura Normativa y Estándares Aeronáuticos GENE. 