
Evaluación de la detectabilidad y distancia de detección en modelos DTBird

Revisión: 01

Empresa: Liquen Consultoría Ambiental, S.L.

Proyecto: Evaluación de la distancia de detección mediante vuelo de dron

Referencia: 010_D11_12_2024

HISTORIAL DE VERSIONES

FECHA	REV.	AUTOR(ES) REVISOR(ES)	DESCRIPCIÓN
28/07/2025	00	Javier Hernández (A) Milagros Bonacchi (R)	Primera versión del documento
04/08/2025	01	Javier Hernández (A, R)	Revisión

ÍNDICE

RESUMEN3

1. INTRODUCCIÓN4

2. METODOLOGÍA5

2.1 Diseño experimental5

2.2 Desarrollo de pruebas de vuelo6

2.3 Análisis preliminar y ajuste espacial de los modelos7

2.4 Procesamiento de las detecciones y construcción de la base de datos8

2.5 Estimación de las distancias máximas de detección9

2.6 Análisis de la detectabilidad9

3. RESULTADOS11

3.1 Distancias máximas de detección11

3.2 Detectabilidad en función de la distancia12

4. CONCLUSIONES14

APÉNDICE 1A16

APÉNDICE 1B17

APÉNDICE 1C18

APÉNDICE 1D19

RESUMEN

Este estudio evalúa de forma objetiva y replicable la capacidad de detección de los modelos DTBird (F4, A4, F6, A6, y DTBirdT - [ver Catálogo de producto](#)), mediante vuelos controlados con un dron mimético aviar. Los datos obtenidos permiten ajustar las expectativas de rendimiento y facilitar decisiones técnicas basadas en datos reales, para determinar el modelo de DTBird que mejor se adapta a cada aerogenerador, especie objetivo y finalidad del sistema.

El objetivo principal es estimar empíricamente la distancia efectiva de detección de cada modelo de DTBird, así como modelar su capacidad para detectar objetos en vuelo en función de la distancia. El experimento se llevó a cabo en un entorno controlado, utilizando un dron mimético con morfología similar a la de una rapaz mediana como objeto de referencia.

Se realizaron vuelos específicos siguiendo trayectorias diseñadas para cubrir un amplio rango de distancias, ángulos de entrada y condiciones de visibilidad. Estas trayectorias fueron registradas mediante GPS y sincronizadas con las grabaciones de vídeo de las cámaras, lo que permitió calcular con precisión las distancias de detección por evento.

A partir de estos datos, se analizaron las diferencias en el alcance de detección entre los distintos modelos de DTBird. Posteriormente, mediante vuelos teóricos y modelización estadística, se estimó la probabilidad de detección en función de la distancia media al sistema. Para ello, se utilizaron Modelos Aditivos Generalizados (GAMs), que permitieron describir de forma flexible la relación no lineal entre distancia y tasa de detección, incorporando además las diferencias funcionales entre los modelos de DTBird.

1. INTRODUCCIÓN

La detección automática de aves en vuelo se ha convertido en una herramienta esencial en la gestión ambiental moderna, particularmente en sectores como la energía eólica o infraestructuras lineales, donde la prevención efectiva de colisiones con fauna silvestre es prioritaria. En los últimos años, la creciente proliferación de sistemas automáticos de detección (SDA), basados en tecnologías ópticas y algoritmos avanzados de reconocimiento, ha generado una demanda urgente de métodos objetivos que permitan evaluar y certificar sus capacidades reales en entornos operativos.

A pesar del avance tecnológico, actualmente no existen procedimientos estandarizados ni metodologías ampliamente aceptadas que permitan medir con precisión el rendimiento operativo real de estos sistemas, especialmente en lo que respecta a las distancias efectivas de detección de aves.

Con esta metodología de evaluación, DTBird persigue los siguientes objetivos concretos:

1. **Obtener las distancias máximas y efectivas de detección** de aves de los modelos de DTBird utilizando un objeto volador estándar (dron mimético de ave) bajo condiciones controladas.
2. **Analizar y comparar** las capacidades de detección entre diferentes modelos de DTBird.
3. **Evaluar la capacidad real de detección** de cada modelo de DTBird en función de la distancia al ave, mediante un análisis estadístico riguroso y comparativo.
4. **Modelar la probabilidad de detección** de un ave en función de la distancia para cada modelo de DTBird, estableciendo así umbrales claros de detección efectiva.
5. **Extrapolar los resultados** obtenidos para estimar la distancia de detección esperable para aves de distintos tamaños y morfologías.
6. **Identificar limitaciones técnicas y metodológicas** del diseño experimental implementado, proponiendo mejoras prácticas para futuras réplicas del estudio según mejoran las capacidades del hardware/software y desarrollamos nuevos modelos de DTBird.

2. METODOLOGÍA

A continuación, se resume visualmente el flujo metodológico seguido en este estudio. Cada etapa se desarrolla con detalle en los apartados siguientes.



Figura 1. Resumen visual de la metodología empleada.

2.1 Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en un entorno abierto del municipio de Trescasas (Segovia), a 1.148 msnm, en una localización seleccionada por su ausencia de obstáculos visuales y facilidad de control espacial. Como objeto de referencia se utilizó un dron mimético de la empresa Venter Innovations, diseñado con una envergadura alar de 1.42 metros y una longitud total de 0.82 metros. Este dispositivo simula el aspecto y las proporciones de una rapaz mediana (Figura 2), permitiendo reproducir trayectorias controladas para la evaluación del sistema.

El sistema de detección se instaló sobre un módulo ortogonal de madera diseñado para alojar cámaras en sus caras laterales (Figura 3). Estas se distribuyeron en cuatro posiciones (P1, P2, P3 y P4), orientadas según los ejes cardinales. La posición P1 (Norte) incluía cuatro cámaras empleadas en los modelos de DTBird Falco (F) utilizados en entornos terrestres, y Albatros (A), usados en proyectos marinos y/o con tecnología estereoscópica: F4/A4, F6/A6 y modelo T. Las posiciones P2, P3 y P4 contaban con dos cámaras cada una, combinando modelos F4 y A4.

Los modelos Albatross (A) se configuraron con módulos de lente de 60° (objetivo B079) y 95° (objetivo B061), utilizados en relación de aspecto 16:9 y con una resolución máxima de 8 MPX.

La orientación respecto al norte de cada posición se tomó en el campo en el momento de la colocación del módulo. Esta orientación, validada y corregida posteriormente mediante

herramientas GIS, permitió estructurar el espacio en cuadrantes definidos y facilitó el análisis espacial en las fases posteriores.



Figura 2 (Izquierda). Imagen del dron Ventor mimético utilizado. **Figura 3 (Derecha).** Caja de cámaras utilizada ubicada en su localización definitiva en Trescasas, Segovia.

2.2 Desarrollo de pruebas de vuelo

Las pruebas de vuelo se realizaron el 17 de diciembre de 2024, en horario de tarde. Durante esta jornada se llevaron a cabo dos secuencias diferenciadas de vuelo, empleando patrones diseñados para cubrir un rango amplio de distancias y trayectorias respecto al sistema de detección. El primer vuelo (Vuelo 1) se desarrolló entre las 14:20 y las 15:32, y el segundo (Vuelo 2) entre las 16:40 y las 17:00 (GMT+1).

En la primera fase (Vuelo 1), el dron ejecutó vuelos en círculos concéntricos a distintas distancias, partiendo desde posiciones lejanas hacia el módulo de cámaras. En la segunda fase (Vuelo 2), se implementaron trayectorias en forma de cicleos, curvas en ocho y vuelos aleatorios, con el objetivo de simular aproximaciones no lineales y evaluar el rendimiento del sistema ante cambios bruscos de dirección y ángulos variables de entrada al campo de visión. El conjunto de trayectorias registradas se recoge en la Figura 4.

La posición del dron se registró de forma continua mediante GPS, con una frecuencia de muestreo de 10 Hz. Los datos registrados incluyeron latitud, longitud y altitud, en formato decimal, así como marcas de tiempo con precisión de décimas de segundo (UTC). Simultáneamente, las cámaras del sistema SDA grabaron en alta resolución todos los eventos, con codificación temporal visible en los vídeos.

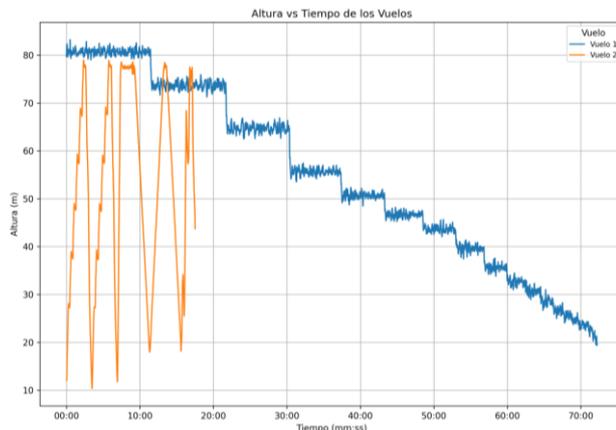
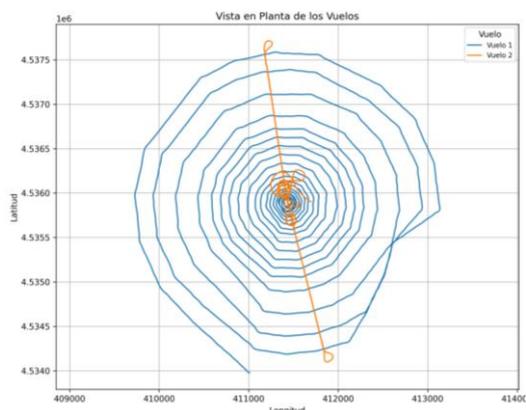


Figura 4. Registro del dron para el vuelo 1 (azul) y vuelo 2 (naranja) en vista horizontal (Izquierda, Lat/Long) y vertical (Derecha, Altura).

Las condiciones meteorológicas durante el desarrollo del experimento fueron estables. La jornada fue seca, sin precipitaciones registradas. La temperatura máxima alcanzó los 14 °C y la mínima fue de -1 °C. Durante las horas del experimento, el cielo permaneció despejado, tras una ligera nubosidad alta durante las primeras horas de la mañana. La humedad relativa osciló entre el 45 % y el 95 %, sin presencia significativa de viento. Estas condiciones favorecieron una buena visibilidad durante toda la ejecución de los vuelos.

2.3 Análisis preliminar y ajuste espacial de los modelos

Antes de iniciar el análisis de las detecciones, se llevó a cabo una fase de validación espacial y temporal del sistema de detección. Esta etapa incluyó la comprobación de la orientación real de cada dispositivo, el ajuste de los ángulos de visión teóricos y la sincronización precisa entre las grabaciones de vídeo y los registros GPS del dron.

En primer lugar, se verificó la posición y orientación de cada cámara empleando herramientas SIG. A partir de las coordenadas y orientaciones tomadas *in situ*, se construyeron simulaciones de los campos de visión teóricos de cada lente, utilizando las especificaciones ópticas declaradas por el fabricante. Estas simulaciones se superpusieron sobre ortofotos de alta resolución en QGIS 3.34.15 (<https://qgis.org/>), lo que permitió contrastar la cobertura esperada con la real. Mediante la identificación de elementos fijos en el paisaje (edificaciones, esquinas de caminos, bordes de parcela, sombras proyectadas...), se ajustaron manualmente los rumbos hasta conseguir una correspondencia visual precisa entre las zonas visibles en los vídeos y los polígonos simulados (Figura 5). Este proceso permitió corregir pequeñas desviaciones en la orientación inicial registrada en campo, especialmente relevantes en cámaras con ángulos de visión estrechos (60°), donde una desviación mínima puede modificar sustancialmente el campo operativo.

De forma paralela, se validó el registro temporal del sistema. Las cámaras generaban una marca horaria impresa sobre cada grabación, mientras que el dron registraba su trayectoria en formato GPS con marcas de tiempo en formato UTC y precisión de décimas de segundo. Para asegurar la sincronización, se seleccionaron secuencias específicas del segundo vuelo, donde las trayectorias presentaban patrones fácilmente identificables. A partir de la comparación entre la hora de entrada/salida del dron en el campo de visión teórico (según el GPS) y la hora visual registrada en vídeo, se identificó un pequeño desfase sistemático que fue corregido para mejorar la precisión.

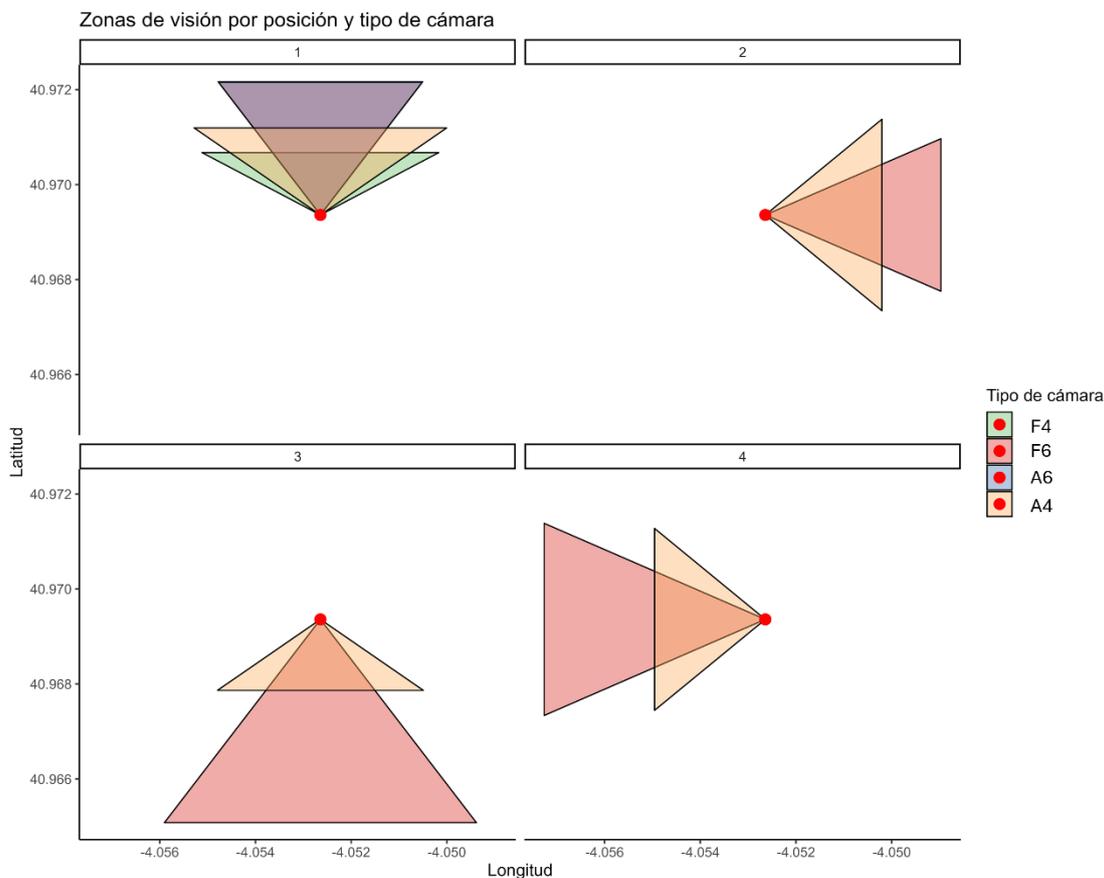


Figura 5. Representación teórica de los campos de visión de las cámaras ópticas por posición tras el ajuste final. Cada triángulo muestra el ángulo de apertura horizontal simulado para cada cámara instalada en las posiciones 1 a 4 del módulo de detección. Los polígonos están proyectados sobre coordenadas geográficas (latitud/longitud) y coloreados por tipo de cámara.

2.4 Procesamiento de las detecciones y construcción de la base de datos

Una vez validados los datos espaciales y temporales, se procedió al procesamiento de las detecciones automáticas generadas con el objetivo de construir una base de datos depurada y estructurada que permitiera cuantificar las distancias reales de detección.

Las detecciones se obtuvieron a partir del análisis de los vídeos originales grabados (Figura 6.). Dado que el software de detección automática (*Larus*®) incorpora filtros morfológicos y comportamentales, fue necesario ajustar su configuración para optimizar la detección del dron mimético, cuyas trayectorias tienden a ser más rectilíneas que las de un ave real. Esto permitió ampliar el número de eventos detectados sin restringir por tipo de movimiento ni clasificación del objeto.

Adicionalmente, se implementó una validación espacial por detección, verificando que el dron estuviera efectivamente dentro del campo visual teórico de la cámara correspondiente en el instante registrado. En los casos donde se detectaron inconsistencias espaciales, el evento fue descartado.

El resultado final fue una base de datos estructurada que integra, por cada detección: identificador único, modelo de cámara, configuración de filtros aplicada, tiempos de inicio y

final de cada evento, posición del dron y métricas de distancia. Esta base se utilizó tanto para la caracterización empírica de las distancias de detección como para la modelización estadística de la probabilidad de detección en función de la distancia.

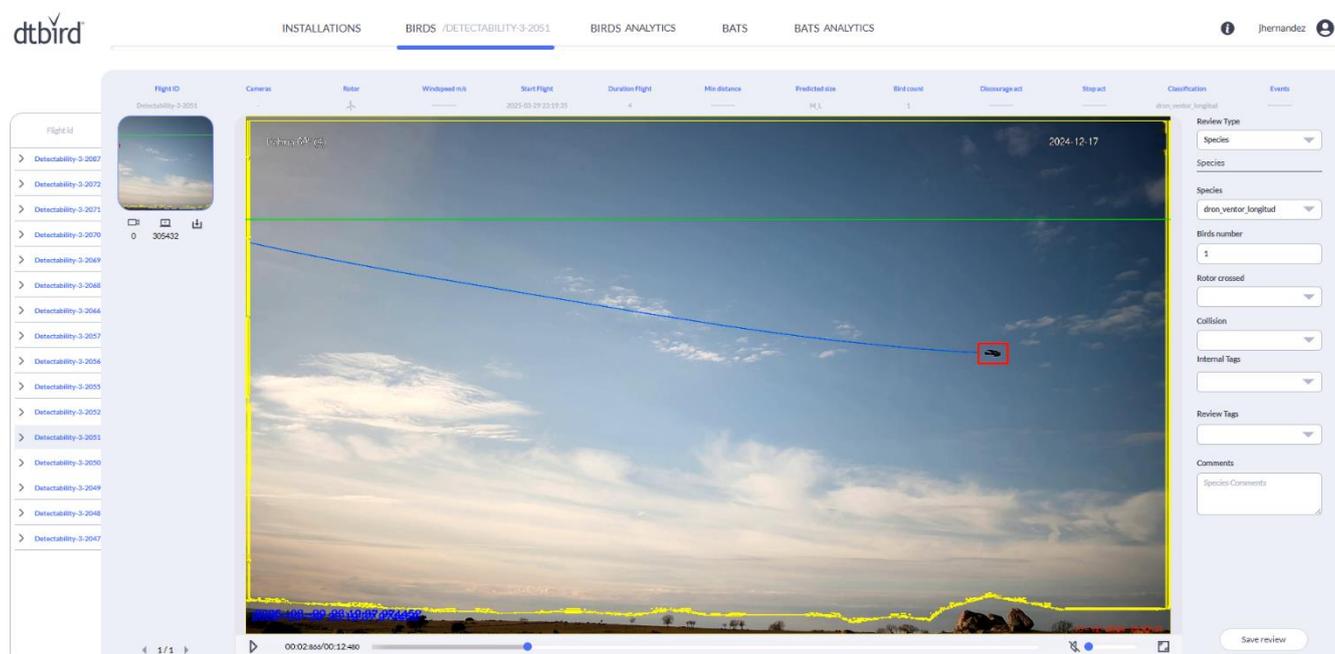


Figura 6. Visualización de una detección del vuelo del dron mimético a través de la plataforma NEST®, utilizada para revisar las detecciones generadas por los sistemas DTBird®. Se muestra la trayectoria completa del objeto (línea azul), la posición donde fue detectado (recuadro rojo) y el contexto de visualización (campo de visión, horizonte y metadatos asociados).

2.5 Estimación de las distancias máximas de detección

El cálculo de la distancia entre el dron y el sistema de cámaras se realizó en un entorno GIS, utilizando *R 4.4.2* en *RStudio* (<https://posit.co/>) y funciones de los paquetes *sf* y *geosphere*, considerando la latitud, longitud y altitud del dron en cada instante. Se empleó la distancia euclídea tridimensional entre cada punto del dron y la ubicación fija del módulo de detección, generando para cada posición un valor de distancia en metros y otro en grados.

A partir de la base de datos de detecciones reales depurada, se extrajeron las posiciones GPS del dron al inicio y al final del intervalo de cada detección, previamente sincronizadas con la marca temporal del vídeo. Esto permitió acotar temporalmente cada evento y obtener las distancias mínima, máxima y media correspondientes a ese intervalo.

Para este análisis concreto, se utilizó exclusivamente la distancia máxima de cada detección, que fue empleada como variable principal para caracterizar el alcance operativo de cada tipo de cámara/modelo de DTBird. Estos valores se utilizaron posteriormente en los gráficos comparativos por modelo y configuración de filtros.

2.6 Análisis de la detectabilidad

Para evaluar la relación entre la distancia y la probabilidad de detección, se generaron vuelos teóricos a partir del cruce entre las trayectorias GPS del dron y las simulaciones del campo de visión de cada cámara en un entorno GIS. Cada vez que el dron entraba y salía del polígono

de visión teórico de una cámara, se definía un vuelo teórico individual, al que se le calculó la distancia media al sistema de detección durante ese intervalo.

A cada vuelo teórico se le asignó una etiqueta binaria (1 = detectado, 0 = no detectado) en función de si coincidía temporalmente con alguna detección real registrada por la cámara correspondiente. Esta codificación permitió construir una base binaria con observaciones por vuelo, conteniendo la distancia media como variable principal y el tipo de cámara/modelo de DTBird como factor explicativo.

La modelización estadística se realizó en R, utilizando distintos enfoques con distribución binomial y función de enlace *logit*. Se exploraron y compararon tres estrategias principales:

- Modelos logísticos simples: ajustados por cámara, permitían evaluar la forma general de la relación entre distancia y probabilidad de detección, pero forzaban una forma sigmoide que no se correspondía con la variabilidad observada en algunas cámaras.
- Modelos segmentados (*segmented* package): se ajustaron líneas logísticas con puntos de cambio estimados automáticamente, permitiendo capturar posibles umbrales o caídas abruptas en la detectabilidad. Si bien ofrecieron interpretaciones útiles (como distancias umbral), su rigidez en forma y segmentación lineal los limitaba para representar relaciones no monótonas o bimodales.
- Modelos Aditivos Generalizados (GAMs) (*mgcv* package): se utilizaron suavizados sobre la distancia para modelar la relación de forma flexible y no paramétrica. Esta estrategia permitió capturar patrones complejos sin imponer una forma funcional específica.

La elección de los GAMs se basó tanto en criterios estadísticos como conceptuales. En primer lugar, la relación entre distancia y probabilidad de detección no se esperaba que fuera ni lineal ni estrictamente decreciente: en algunas cámaras se observaban picos de detectabilidad en distancias medias, con caídas tanto a distancias cortas (por efecto sombra o centrado) como a distancias largas. Los GAMs permitieron modelar estas curvas de forma natural.

En segundo lugar, el sistema evaluado incluía cámaras con ángulos de apertura muy diferentes utilizados en los distintos modelos de DTBird, lo que afecta la forma en que el objeto proyecta su movimiento sobre el encuadre. Este efecto podía modificar no solo el rango de detección, sino también la forma funcional de la curva, especialmente en cámaras de ángulo cerrado. Un modelo lineal o segmentado no podía adaptarse a esta variabilidad sin multiplicar artificialmente los parámetros.

Por último, la base de datos era desbalanceada, con una proporción menor de vuelos detectados respecto al total, y una distribución desigual por distancia. Esto requería modelos robustos al desequilibrio y con control de complejidad, algo que los GAMs permitieron ajustar mediante penalización automática de los suavizados (parámetro *sp*) y validación por AIC y EDF.

Se compararon distintas estructuras de GAMs. El modelo finalmente seleccionado incorpora suavizados diferenciados por tipo de cámara, al ofrecer el mejor equilibrio entre ajuste, interpretabilidad y coherencia con la lógica del sistema. Este modelo se utilizó como base para estimar las curvas de detectabilidad en función de la distancia y el tipo de cámara/modelo de DTBird, así como para extrapolar los resultados a especies de distintos tamaños según su envergadura relativa.

3. RESULTADOS

3.1 Distancias máximas de detección

Como punto de partida para la interpretación de resultados, se analizaron las distancias de detección obtenidas exclusivamente sobre el dron mimético a ave rapaz de 1,4 m de envergadura, utilizado como objeto estándar en todos los vuelos. Las cámaras de los modelos de DTBird F6 y A6 con ángulos de lente más pequeños mostraron las distancias de detección más lejanas, con medianas cercanas a 180 m y máximos de 451,3 m y 359,7 m, respectivamente (Figura 7). Por el contrario, como era de esperar los modelos de DTBird con ángulos de lente más grandes DTBird F4 y A4 presentaron valores medios más bajos (~135 m) y menor dispersión. En este caso, el test de Kruskal-Wallis reflejó una tendencia hacia la significación ($\chi^2 = 7.72$, $p = 0.052$), aunque no se alcanzaron diferencias estadísticamente significativas. Las comparaciones por pares mediante el test de Wilcoxon no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$), aunque la diferencia entre A4 y F6 (p ajustado = 0.11) sugiere una posible separación que podría confirmarse con mayor tamaño muestral. Estos valores resumen el rendimiento efectivo del sistema en condiciones óptimas y permiten establecer rangos comparativos robustos por dispositivo. Los resultados completos para cada cámara/modelo de DTBird, junto con extrapolaciones por especie, pueden consultarse en el Apéndice.

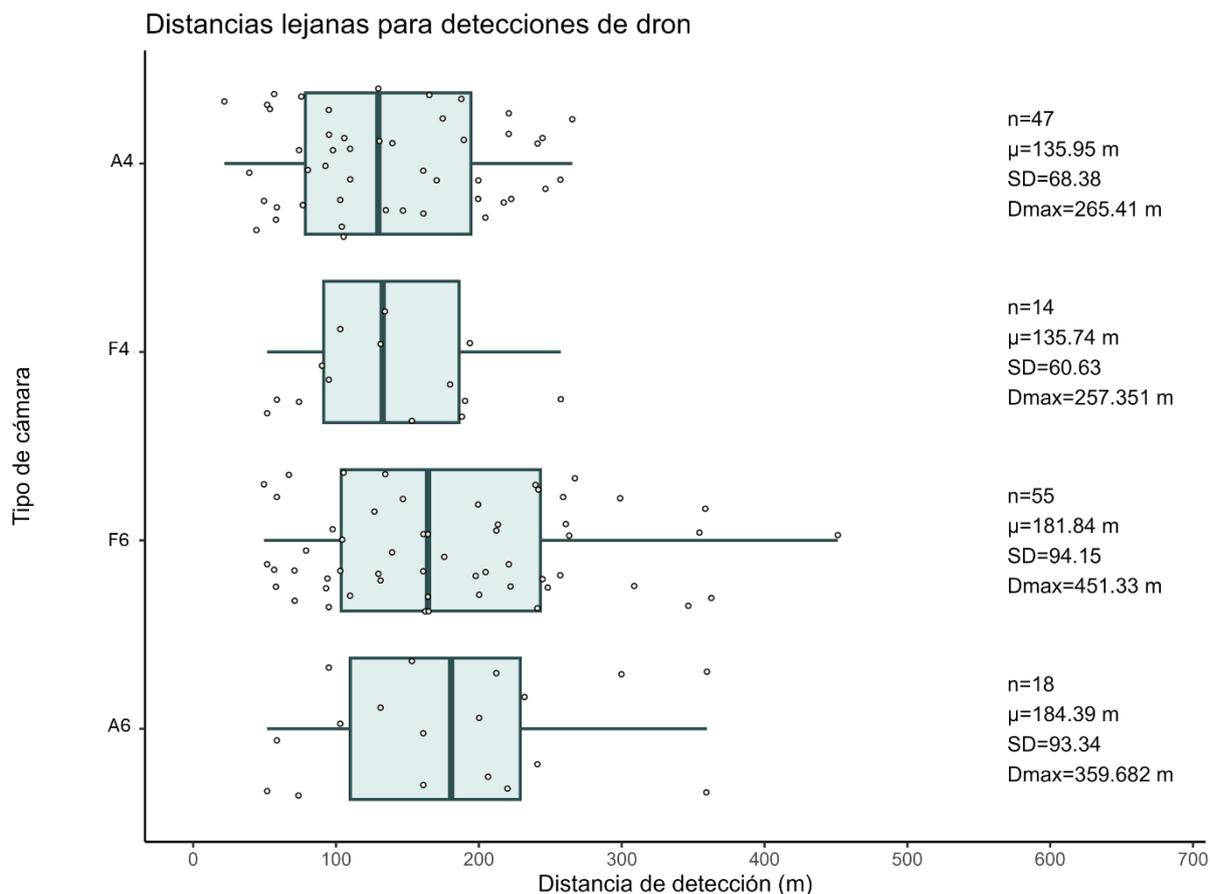


Figura 7. Boxplots de la distancia de detección para cada tipo de cámara sin aplicar filtrado CNN. F6 y A6 muestran las distancias más elevadas y mayor dispersión, mientras que F4 y A4 se concentran en valores medios inferiores. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre cámaras. Diámetro del dron es 1,42 m de envergadura.

3.2 Detectabilidad en función de la distancia

La proporción de vuelos detectados mostró una clara dependencia de la distancia y del tipo de cámara/modelo de DTBird. Las cámaras gran angular y estándar usadas en los modelos de DTBird evaluados presentaron una alta detectabilidad a corta distancia, con un descenso progresivo o abrupto a medida que aumentaba la distancia (Figura 8). La distribución de los vuelos teóricos (Figura 9), muestra como los modelos DTBirdF6 y A4 acumularon un mayor número de vuelos a distancias medias y largas, respectivamente, aumentando de esta manera las oportunidades de detección a estas distancias.

Los modelos aditivos generalizados (GAM) permitieron representar de forma flexible la relación no lineal entre la distancia media al dron y la probabilidad de detección para cada tipo de cámara/modelo de DTBird (Figura 10).

Las cámaras de los modelos F4 y A6 mostraron caídas bruscas en la detectabilidad, descendiendo desde valores cercanos al 100% hasta prácticamente 0% en rangos de distancia relativamente cortos (entre 172 y 302 m en F4; entre 197 y 550 m en A6).

En cambio, los modelos F6 y A4 presentaron transiciones más suaves, manteniendo una detectabilidad superior al 90% hasta distancias más amplias (274 m en F6 y 92 m en A4), con una pérdida progresiva hasta los 619 m y 557 m, respectivamente.

Estas curvas GAM confirman los patrones observados con los modelos logísticos, pero ofrecen una representación más realista de las transiciones graduales.

Además, los umbrales extraídos (90%, 50% y caída total) permiten delimitar zonas de alta, media y baja probabilidad de detección, facilitando su aplicación operativa en campo.

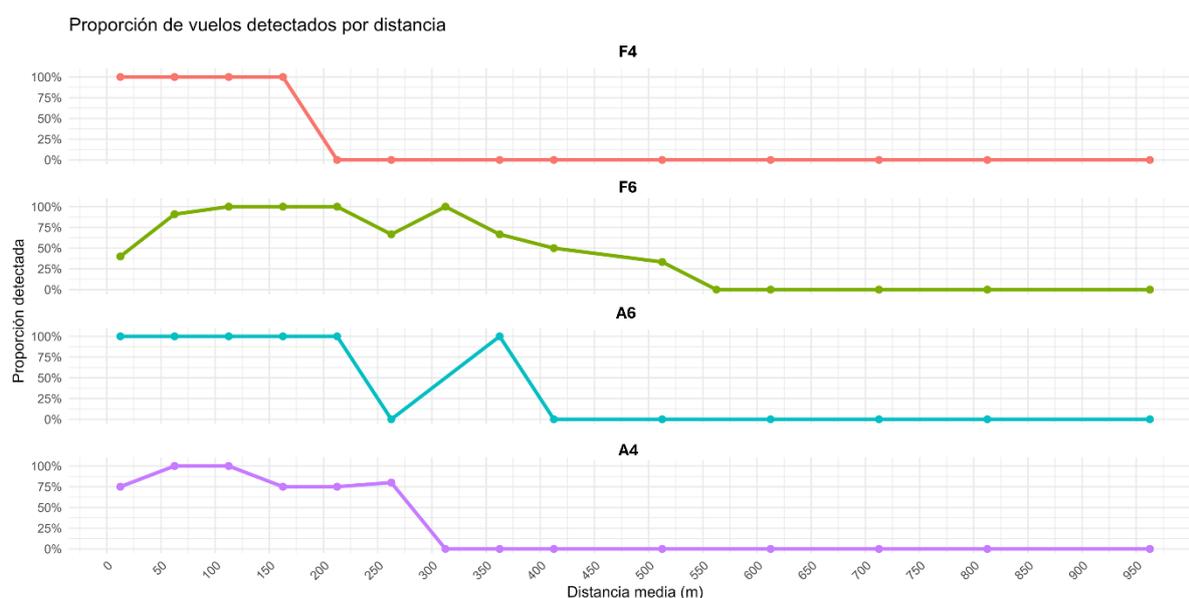


Figura 8. Proporción de vuelos detectados en relación con la distancia media (en bins de 50 m) para cada tipo de cámara. Las líneas de color muestran la tasa de detección relativa a los vuelos teóricos. Se observa una pérdida de detectabilidad con el aumento de la distancia, especialmente pronunciada en modelos DTBird F4 y A4.

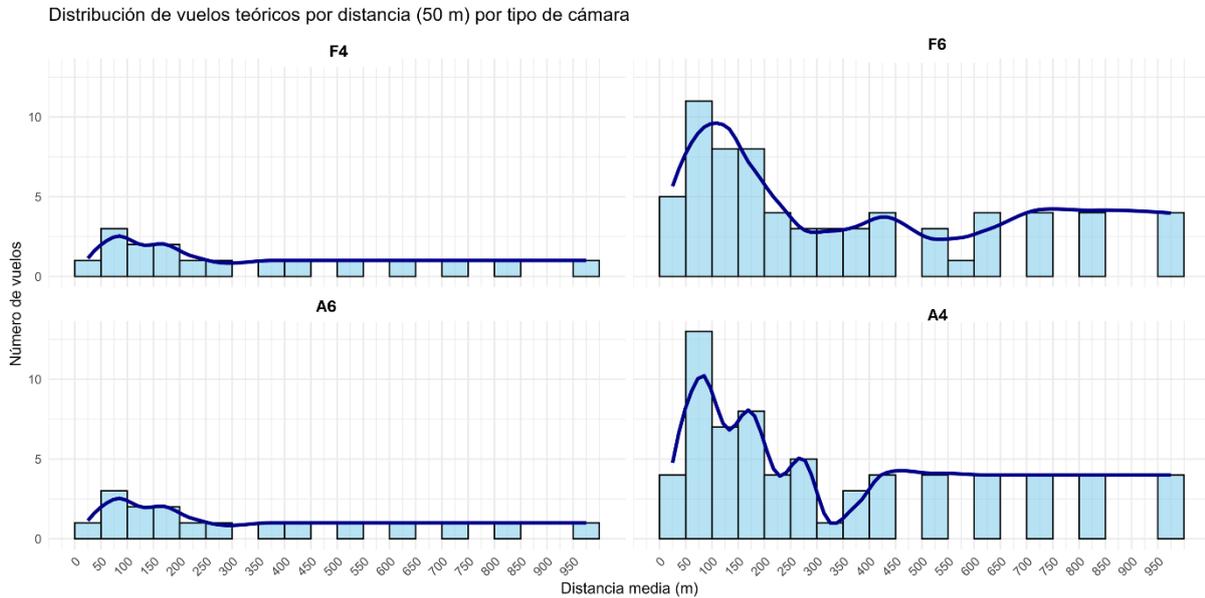


Figura 9. Distribución de vuelos teóricos por distancia media (agrupados en intervalos de 50 m) para cada tipo de cámara. La línea azul representa una curva de suavizado para facilitar la interpretación de la tendencia.

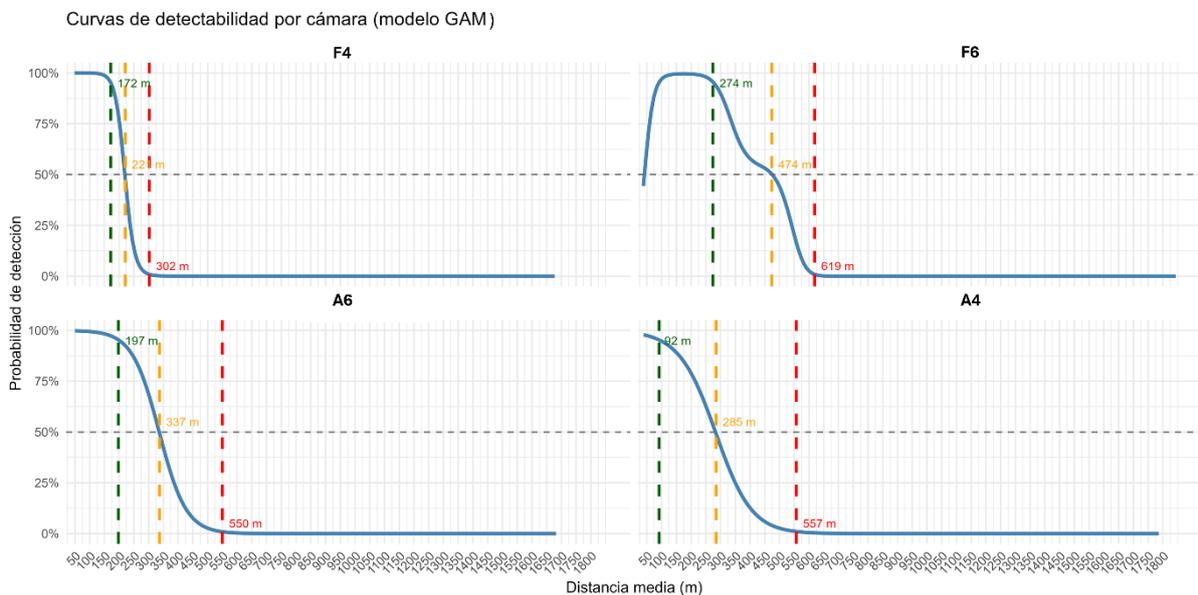


Figura 10. Curvas de detectabilidad ajustadas mediante modelos aditivos generalizados (GAM) para cada tipo de cámara. La línea azul representa la probabilidad de detección en función de la distancia media al dron. Las líneas verticales indican los umbrales operativos de detección: verde (90%), naranja (50%) y rojo (detección nula). Se aprecia una pérdida progresiva de detectabilidad con la distancia, más abrupta en las cámaras/modelos DTBirdF4 y A6, y más extendida en las cámaras/modelos DTBirdF6 y A4.

4. CONCLUSIONES

Este informe muestra la capacidad de detección los modelos de DTBird a distintas distancias, ofreciendo a sus usuarios transparencia, datos verificables y herramientas para optimizar su despliegue operativo. El enfoque, replicable y adaptativo, puede ser implementado en los nuevos modelos de DTBird aportando una base sólida para su calibración y evaluación bajo condiciones reales de campo.

Los resultados son coherentes con las evaluaciones independientes de la capacidad de detección de modelos de DTBird antiguos y versiones de software ya obsoletas. Ver documento: [2º Evaluation Phase of DTBird System V4D8. May 2024.](#)

Limitaciones

Los resultados del estudio presentan una serie de limitaciones que deben tenerse en cuenta:

- **Condiciones controladas:** El experimento se realizó en un entorno despejado, sin obstáculos visuales, bajo condiciones meteorológicas estables y cielo despejado. Estos factores no reflejan completamente las condiciones operativas reales, donde se alternan diferentes condiciones climáticas/iluminación y contraste y potenciales obstáculos visuales.
- **Objeto de referencia único:** El uso de un dron mimético con forma de ave rapaz de 1,4 m aporta consistencia experimental, pero no permite capturar la variabilidad morfológica, de color o comportamiento de diferentes especies de aves.
- **Relación con especies reales:** La extrapolación por envergadura es una aproximación útil, pero simplificada, ya que no tiene en cuenta otras variables relevantes como el contraste visual, el batido de alas, la velocidad o la dirección de entrada al campo de visión, todas ellas susceptibles de afectar la probabilidad de detección. Por tanto, los resultados derivados de la extrapolación a especies con morfología, tamaño o comportamiento de vuelo muy distintos al del dron deben entenderse como orientativos, y deben ser interpretados con cautela y criterio técnico.
- **Limitación del uso de drones:** La configuración de *Larus*® está diseñada para eliminar objetos voladores no aves, por lo que hubo que adaptar la configuración para igualar la detectabilidad del dron con la de las aves.
- Se identificaron ciertos desequilibrios en la densidad de vuelos en distancias intermedias, así como en la cobertura angular de algunas cámaras. Estas asimetrías pueden afectar tanto la estabilidad de los modelos ajustados como la informatividad de las métricas descriptivas, en particular a la media, que es más sensible a distribuciones no homogéneas.

Apéndices

APÉNDICE A

MÉTRICAS DESCRIPTIVAS DE LAS DISTANCIAS MÁXIMAS DE DETECCIÓN: DTBIRDF6

Tabla 1A. Distancias máximas de detección extrapoladas por especie para la cámara/modelo DTBirdF6. Se muestran los valores de distancia media, desviación estándar, máximo absoluto, máximo del intervalo de confianza, y mediana. Los valores se estiman a partir de los datos del dron mimético mediante un factor de escala proporcional a la envergadura de cada especie. En el caso del dron, se indica también el número de detecciones válidas.

F6			N	Media	SD	Máximo abs.	Mediana
Especie	Envergadura (m)	Cat.					
Buitre negro	2,95	Grande	--	377,76	195,6	937,62	341,46
Buitre leonado	2,6	Grande	--	332,94	172,39	826,38	300,95
Águila real	2,2	Grande	--	281,72	145,87	699,24	254,65
Alimoche	1,7	Mediana	--	217,69	112,72	540,32	196,77
Milano real	1,55	Mediana	--	198,48	102,77	492,65	179,41
Dron	1,42	Mediana	55	181,84	94,15	451,33	164,36
Cernícalo primilla	0,73	Pequeña	--	93,48	48,4	232,02	84,5

APÉNDICE B

MÉTRICAS DESCRIPTIVAS DE LAS DISTANCIAS MÁXIMAS DE DETECCIÓN: DTBIRDF4

Tabla 1B. Distancias máximas de detección extrapoladas por especie para las cámaras/modelo DTBirdF4. Se muestran los valores de distancia media, desviación estándar, máximo absoluto, máximo del intervalo de confianza y mediana. Las estimaciones se basan en el comportamiento del dron mimético con forma de ave de 1,4 m de envergadura, y se escalan proporcionalmente en función de la envergadura de cada especie.

F4			N	Media	SD	Máximo abs.	Mediana
Especie	Envergadura (m)	Cat.					
Buitre negro	2,95	Grande	--	282	60,63	534,64	275,65
Buitre leonado	2,6	Grande	--	248,54	111	471,21	242,94
Águila real	2,2	Grande	--	210,3	125,95	398,71	205,57
Alimoche	1,7	Mediana	--	162,51	93,93	308,1	158,85
Milano real	1,55	Mediana	--	148,17	85,39	280,91	144,83
Dron	1,42	Mediana	14	135,74	66,18	257,35	132,69
Cernícalo primilla	0,73	Pequeña	--	69,78	31,17	132,3	68,21

APÉNDICE C

MÉTRICAS DESCRIPTIVAS DE LAS DISTANCIAS MÁXIMAS DE DETECCIÓN: A6

Tabla 1C. Distancias máximas de detección extrapoladas por especie para la cámara/modelo DTBirdA6 con lente de 60°. Se presentan las métricas de distancia media, desviación estándar, máximo absoluto, máximo del intervalo de confianza y mediana. Las estimaciones se generan a partir de las detecciones del dron mimético, escaladas según la envergadura de cada especie.

A6			N	Media	SD	Máximo abs.	Mediana
Especie	Envergadura (m)	Cat.					
Buitre negro	2,95	Grande	--	383,05	193,9	747,23	375,27
Buitre leonado	2,6	Grande	--	337,61	170,9	658,57	330,74
Águila real	2,2	Grande	--	285,67	144,6	557,25	279,86
Alimoche	1,7	Mediana	--	220,74	111,74	430,61	216,25
Milano real	1,55	Mediana	--	201,27	101,88	392,61	197,17
Dron	1,42	Mediana	18	184,39	93,34	359,68	180,64
Cernícalo primilla	0,73	Pequeña	--	94,79	47,98	184,91	92,86

APÉNDICE D

MÉTRICAS DESCRIPTIVAS DE LAS DISTANCIAS MÁXIMAS DE DETECCIÓN: A4

Tabla 1D. Distancias máximas de detección extrapoladas por especie para la cámara A4 con lente de 95°. Se muestran los valores de distancia media, desviación estándar, máximo absoluto, máximo del intervalo de confianza y mediana. Las distancias se extrapolan en base a los registros del dron, ajustadas según la envergadura de cada especie.

A4			N	Media	SD	Máximo abs.	Mediana
Especie	Envergadura (m)	Cat.					
Buitre negro	2,95	Grande	--	282,44	142,05	551,38	269,29
Buitre leonado	2,6	Grande	--	248,93	125,2	485,96	237,34
Águila real	2,2	Grande	--	210,63	105,93	411,2	200,82
Alimoche	1,7	Mediana	--	162,76	81,86	317,74	155,18
Milano real	1,55	Mediana	--	148,4	74,64	289,71	141,49
Dron	1,42	Mediana	47	135,95	68,38	265,41	129,62
Cernícalo primilla	0,73	Pequeña	--	69,89	35,15	136,44	66,64