
Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació
CTFC
Drons i sanitat forestal:
el camí a seguir

Ponents

Magda Pla

Tècnica
Grup InForest. Grup de Biodiversitat i Ecologia del Paisatge
magdapla@ctfc.cat





Arnau Campanera

Tècnic i Pilot
Grup InForest. Grup de Biodiversitat i Ecologia del Paisatge
arnau.campanera@ctfc.cat

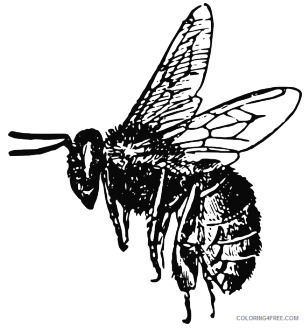

CTFC
Introducció

Introducció

Terminologia

Dron

”Abellot” (anglès). Neix a Gran Bretanya als anys ’20 en l’àmbit militar.
Terme comú per designar tot tipus d’aeronaus no tripulades.



UAV

***U**nmanned **A**erial **V**ehicle*. Neix a Estats Units en l’àmbit militar.
Aeronaus no tripulades que poden volar autònomament o controlades per un pilot.
Se’n deriva UA**S** (System).

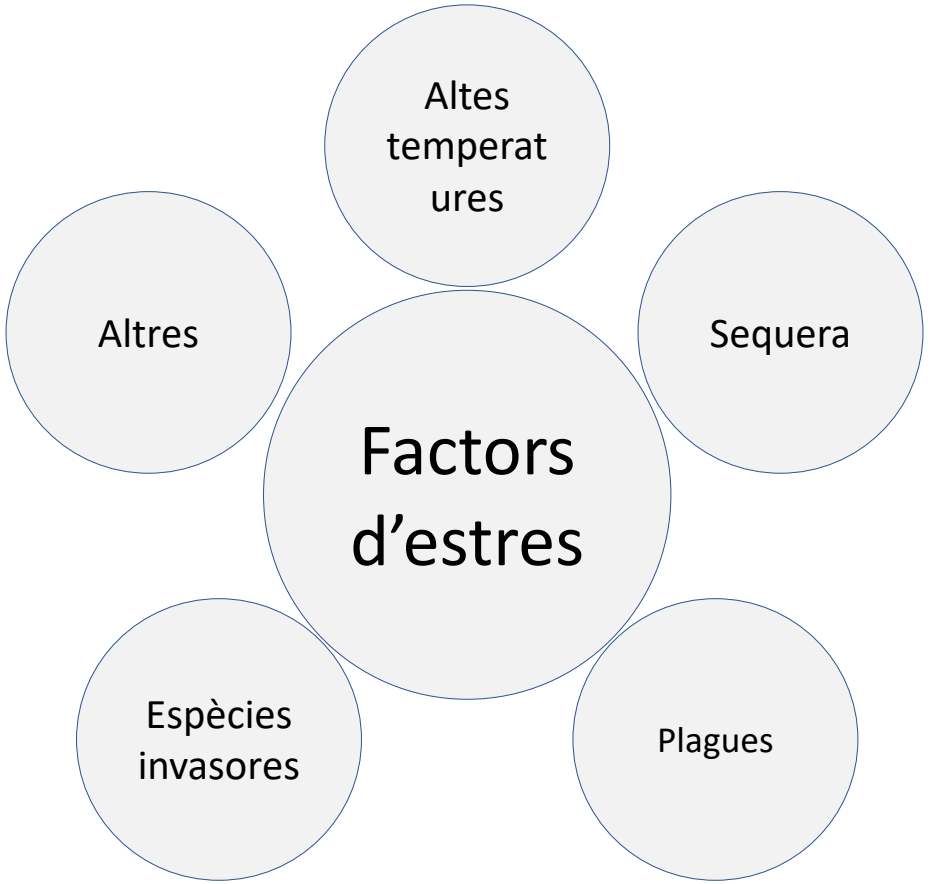


RPA

***R**emotely **P**iloted **A**ircraft*. Neix per diferenciar-los dels militars.
Aernoau que requereixen, o que volen gràcies a, un pilot a terra.
Se’n deriva RPA**S** (System)



Els boscos ens proveeixen de serveis ecosistèmics

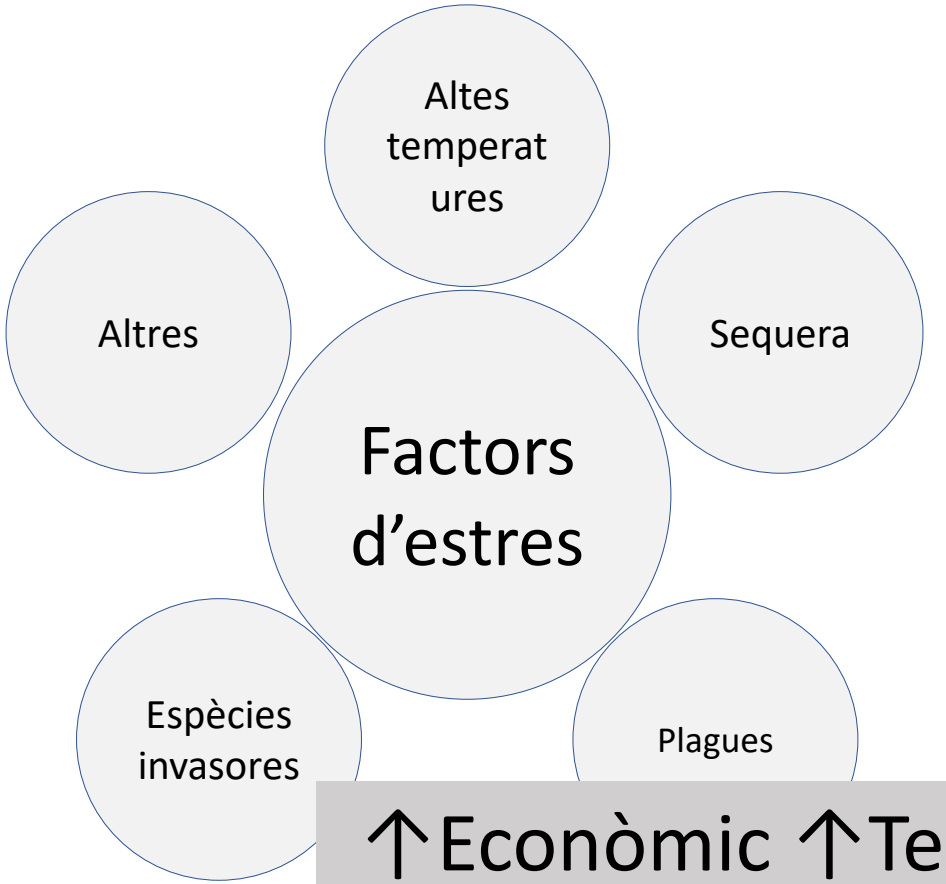


- 73% Boscos insuficientment gestionats
- 25% Boscos gestionats segons ordenació
- 2% Boscos madurs

Monitorització de la sanitat forestal amb teledetecció

- Sensors LIDAR en mitjans aeris
- Satèlit amb sensors hiperespectrals

Els boscos ens proveeixen de serveis ecosistèmics



- 73% Boscos insuficientment gestionats
- 25% Boscos gestionats segons ordenació
- 2% Boscos madurs

Monitorització de la sanitat forestal amb teledetecció

- Sensors LIDAR en mitjans aeris
- Satèlit amb sensors hiperespectrals

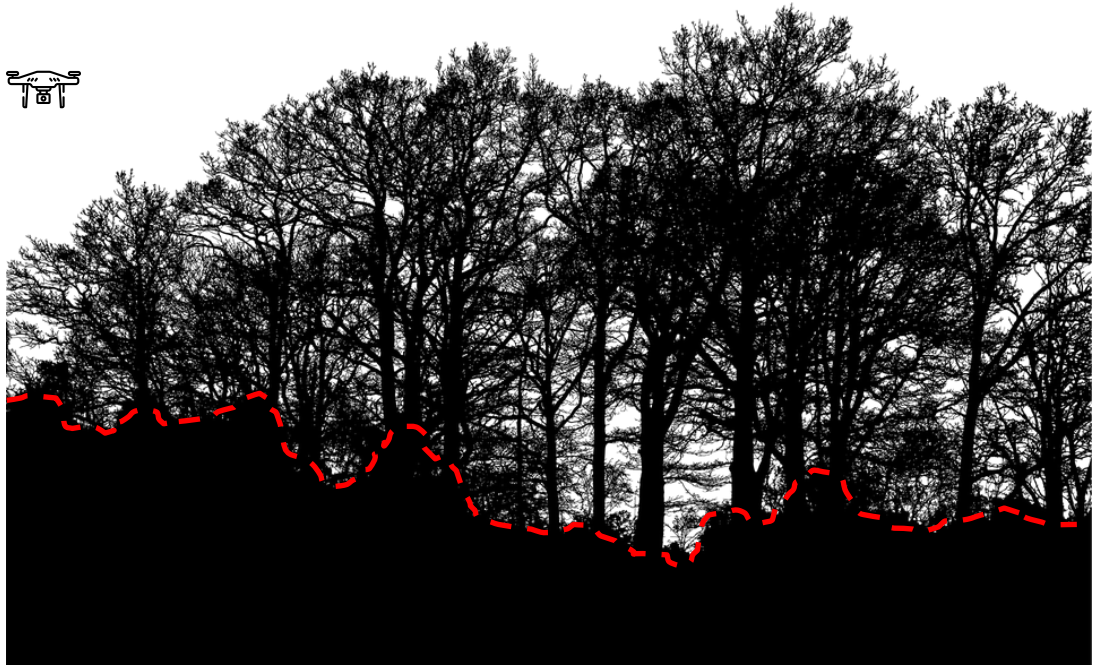
↑Econòmic ↑Temps ↓ Resolució

Què ens poden aportar els drons?

- Permeten cobrir una àrea gran i cobrir-la ràpidament
- Ens donen una perspectiva de vista d'ocell



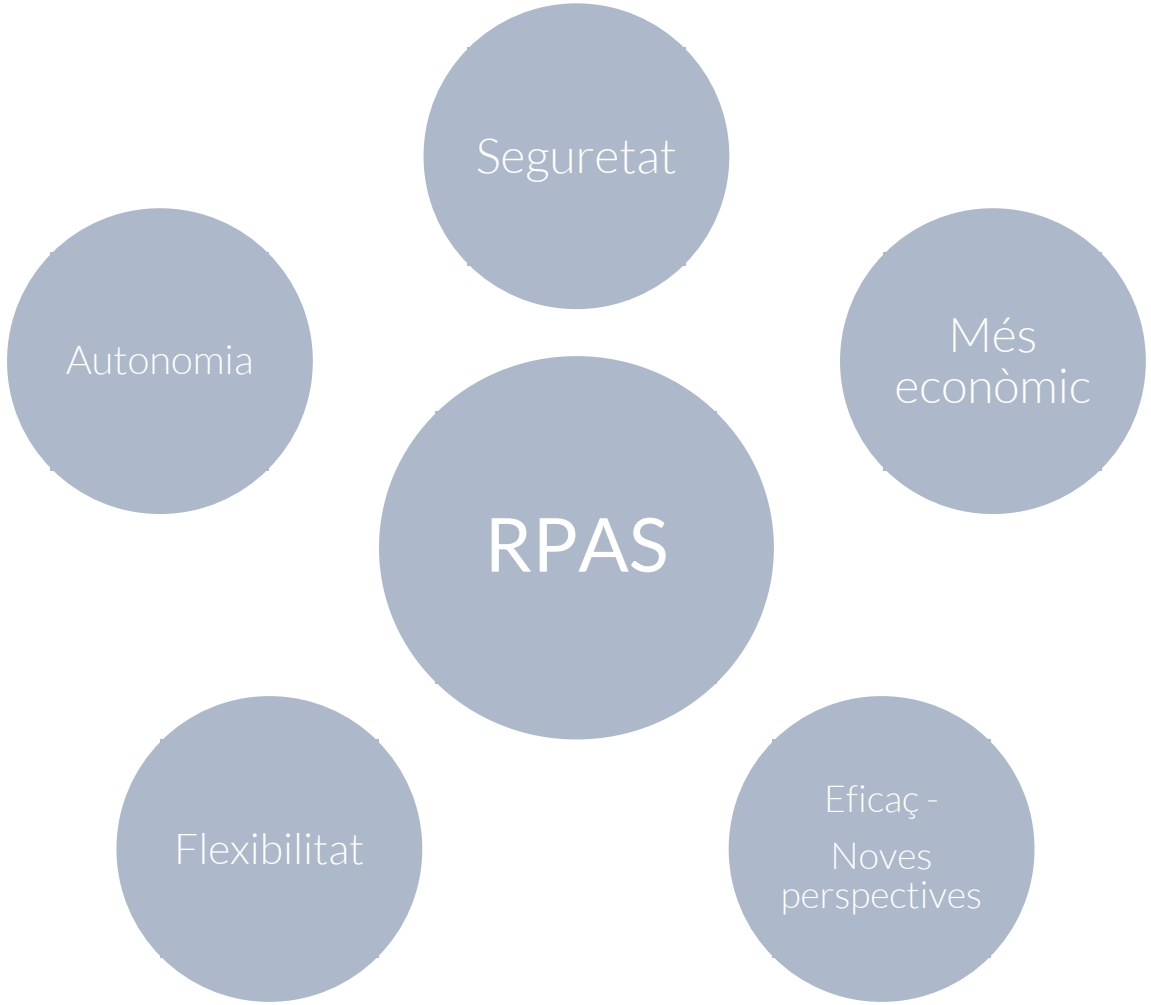
- Permeten vèncer accidents orogràfics fàcilment




CTFC
Drons

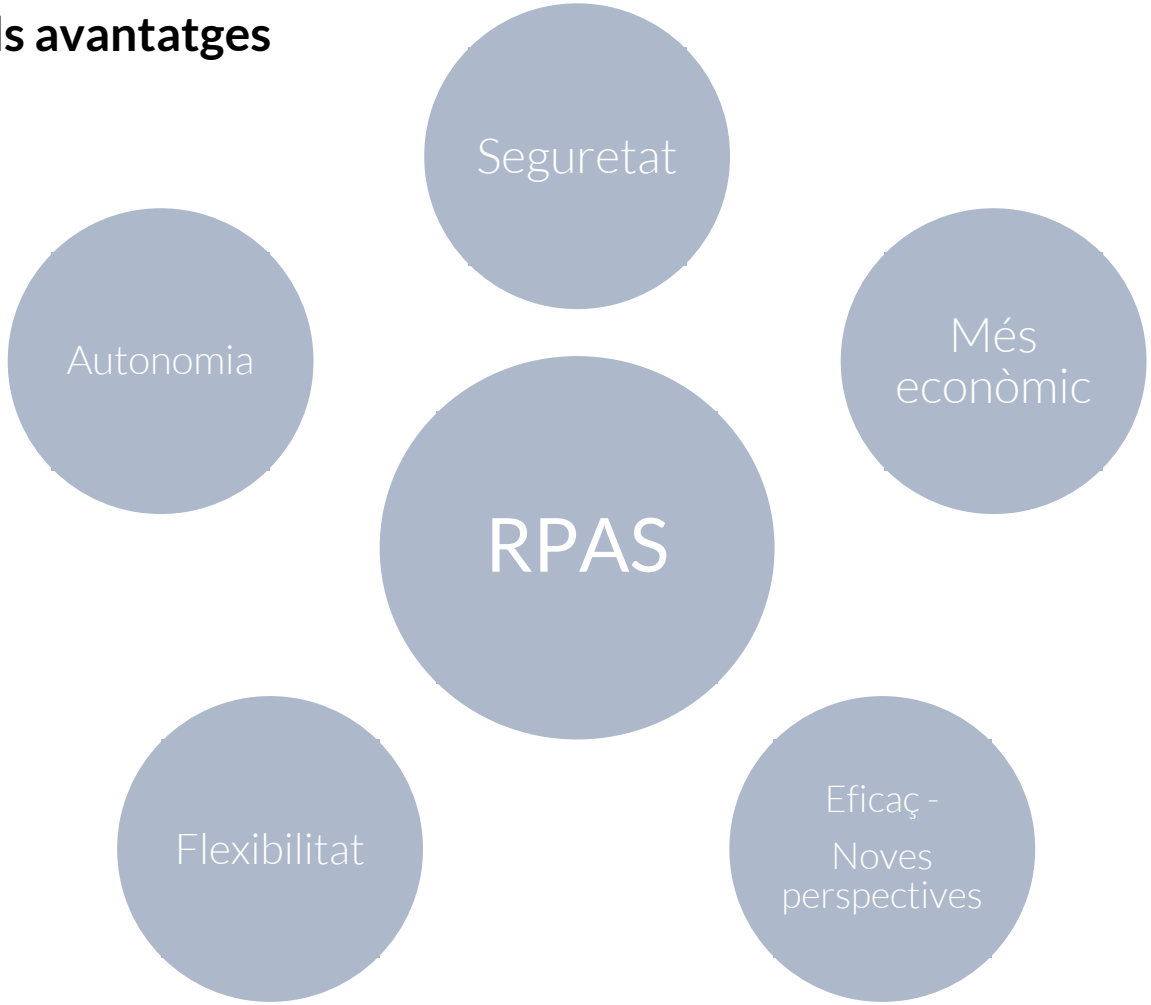
Drons

Principals avantatges



Drons

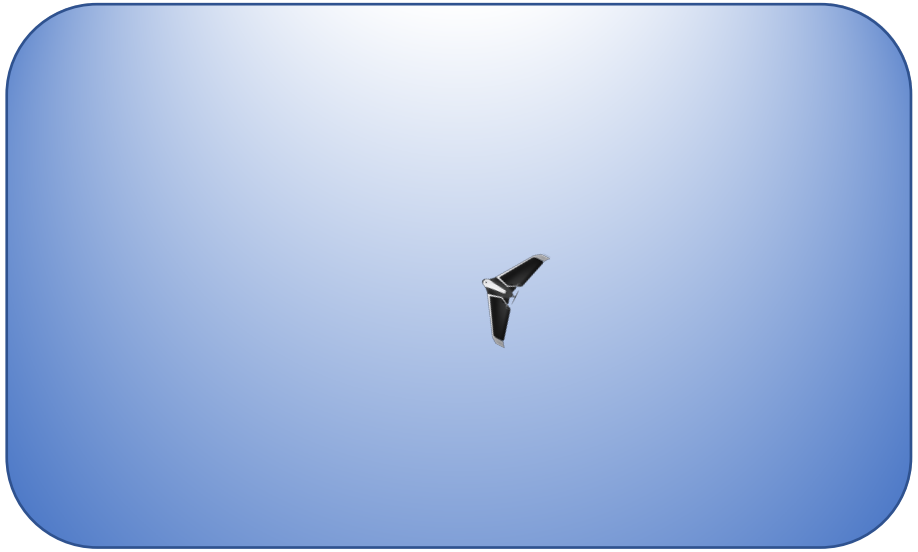
Principals avantatges



A tenir en compte:

Pertorbacions diferents, no sempre millors

Es pot confondre amb un depredador



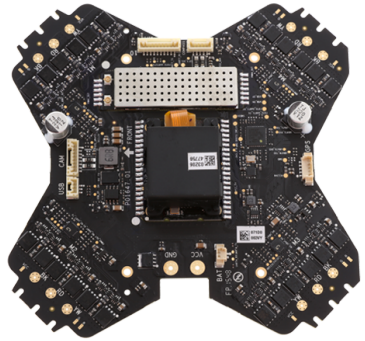

PHANTOM
PROFESSIONAL



Motors



Motors

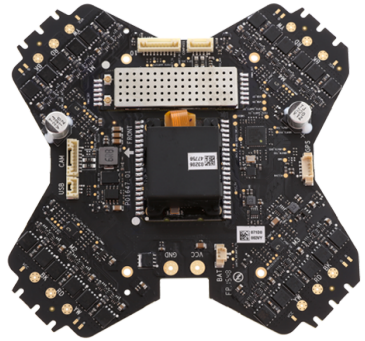


Controladora de vol (IMU)

- Acceleròmetre – 3 eixos
- Giroscopi – Posició I orientació
- Baròmetre – P. Atmosfèrica
- Variòmetre - Δ P. Atmosfèrica
- Brújula - Orientació
- GPS – Posició geolocalitzada



Motors





Bateries

- Polímers de líti (LiPo)
- Multirotors: 2.500mAh – 22.000mAh
- Ala fixa: Fins a 10.000mAh
- Dron, tablet, emisora, radio (EVLOS)

Controladora de vol (IMU)

- Acceleròmetre – 3 eixos
- Giroscopi – Posició I orientació
- Baròmetre – P. Atmosfèrica
- Variòmetre - Δ P. Atmosfèrica
- Brújula - Orientació
- GPS – Posició geolocalitzada



TB47
99.9Wh

Bateries

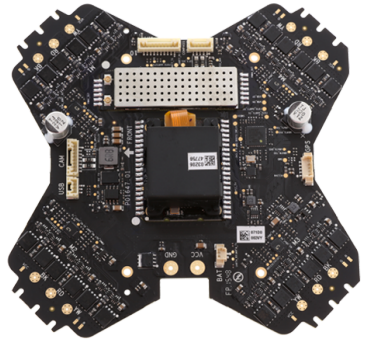
- Polímers de líti (LiPo)
- Multirotors: 2.500mAh – 22.000mAh
- Ala fixa: Fins a 10.000mAh
- Dron, tablet, emisora, radio (EVLOS)



TB48
129.96Wh



Motors



Controladora de vol (IMU)

- Acceleròmetre – 3 eixos
- Giroscopi – Posició I orientació
- Baròmetre – P. Atmosfèrica
- Variòmetre - Δ P. Atmosfèrica
- Brújula - Orientació
- GPS – Posició geolocalitzada



TB47
99.9Wh

Bateries

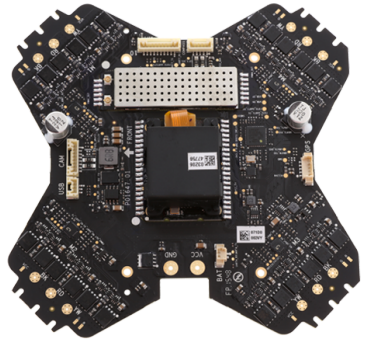
- Polímers de líti (LiPo)
- Multirotors: 2.500mAh – 22.000mAh
- Ala fixa: Fins a 10.000mAh
- Dron, tablet, emisora, radio (EVLOS)



TB48
129.96Wh



Motors





Càrrega útil (Payload)

- Sensors

Controladora de vol (IMU)

- Acceleròmetre – 3 eixos
- Giroscopi – Posició I orientació
- Baròmetre – P. Atmosfèrica
- Variòmetre - Δ P. Atmosfèrica
- Brújula - Orientació
- GPS – Posició geolocalitzada



TB47
99.9Wh

Bateries
- Polímers de líti (LiPo)
- Multirotors: 2.500mAh – 22.000mAh
- Ala fixa: Fins a 10.000mAh
- Dron, tablet, emisora, radio (EVLOS)



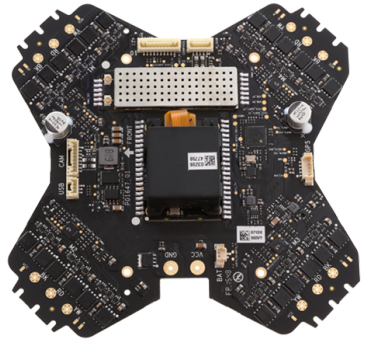
TB48
129.96Wh



Sistemes de seguretat



Càrrega útil (Payload)
- Sensors



Controladora de vol (IMU)
- Acceleròmetre – 3 eixos
- Giroscopi – Posició I orientació
- Baròmetre – P. Atmosfèrica
- Variòmetre - Δ P. Atmosfèrica
- Brújula - Orientació
- GPS – Posició geolocalitzada

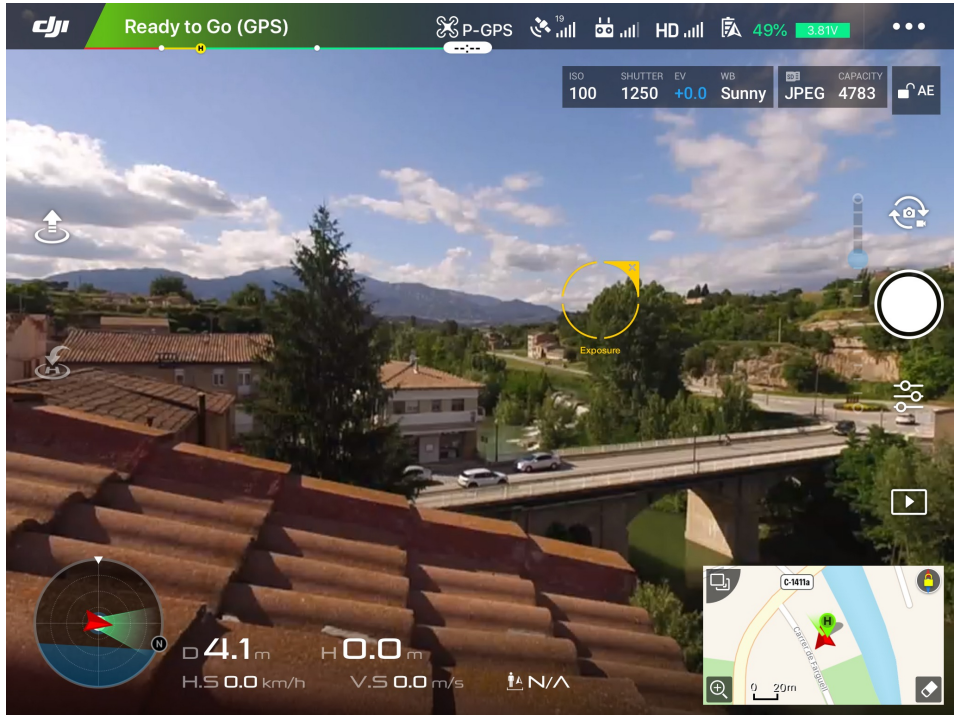


Emisora
Transmet les ordres a l'aeronau

Estació de control (GCS)

Telemetria del vol





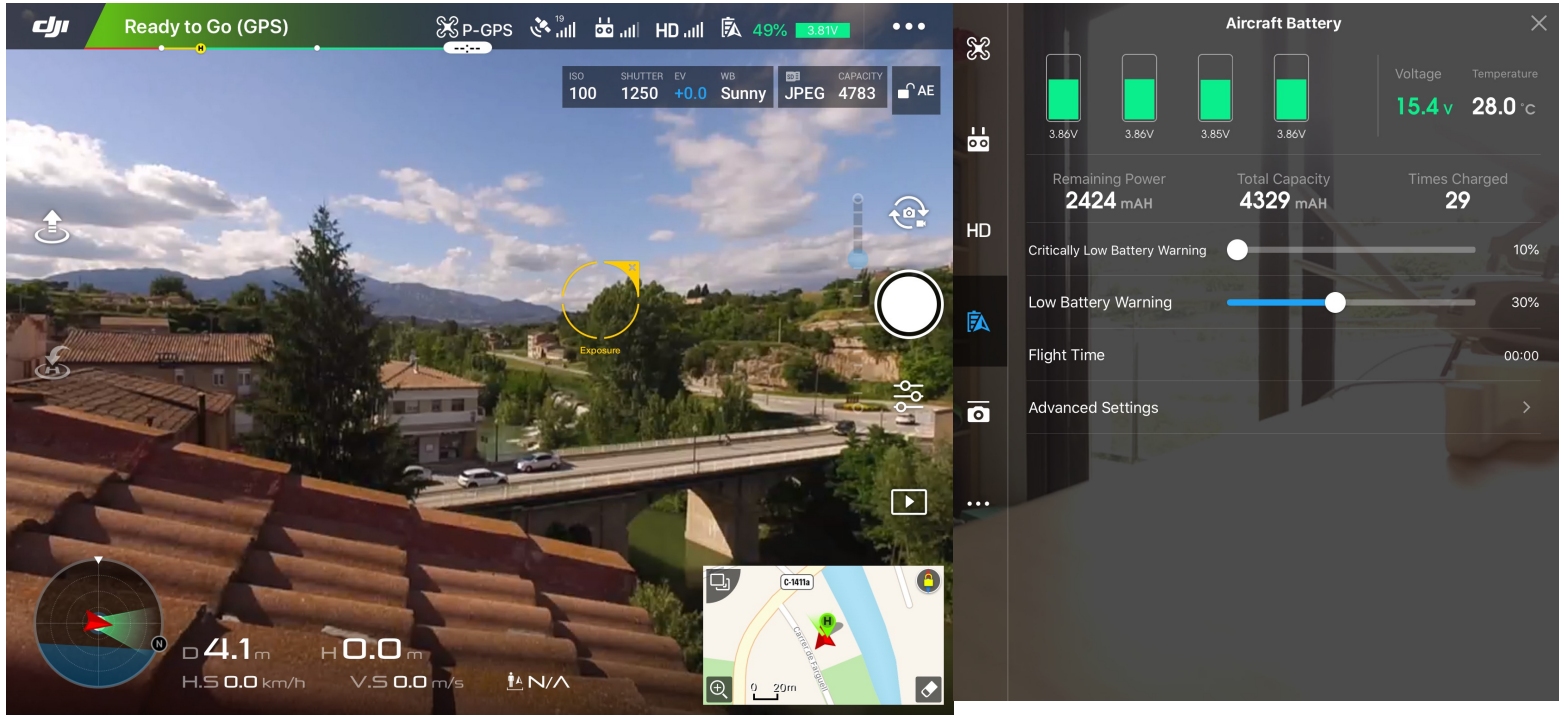
Emisora

Transmet les ordres a l'aeronau

Estació de control (GCS)

Telemetria del vol





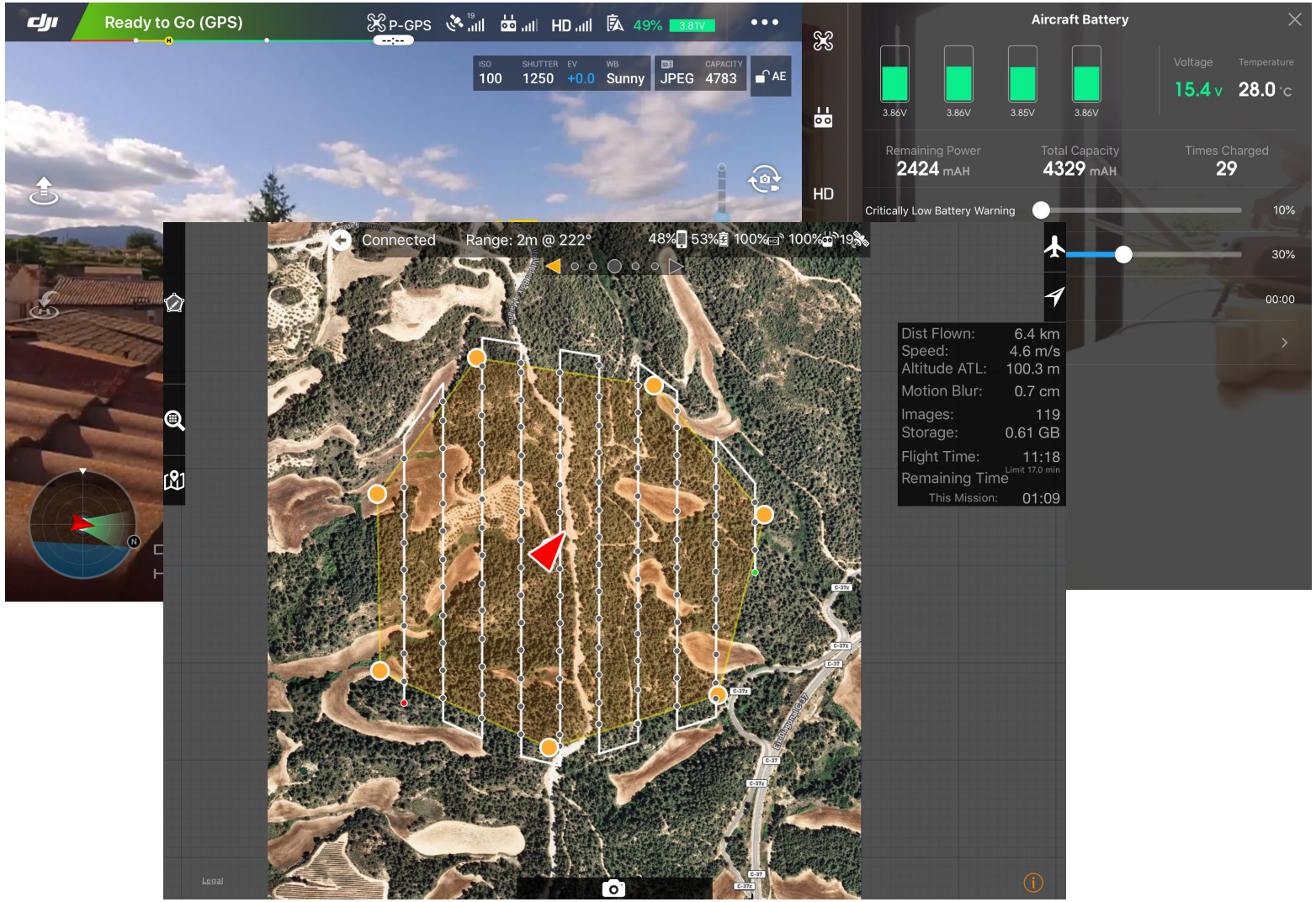
Emisora

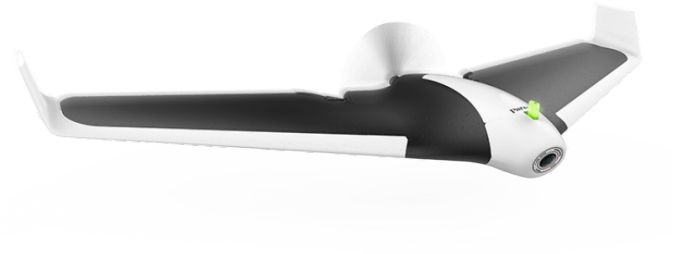
Transmet les ordres a l'aeronau

Estació de control (GCS)
Telemetria del vol



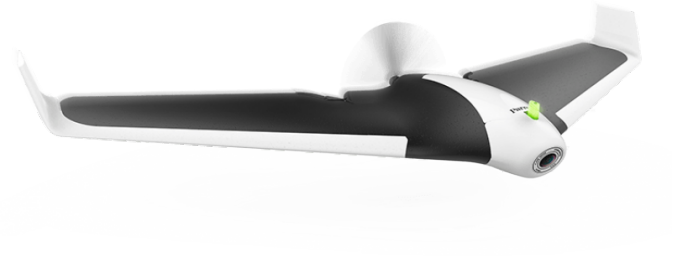
Emisora
Transmet les ordres a l'aeronau





Ala fixa

+	Més temps de vol (més aerodinàmics)
+	Més ràpids (normalment)
+	Suporten vents més forts
+	Menys parts
+	Pot planejar
-	Necessita zona d'enlairament i aterratge
-	Més difícils de volar



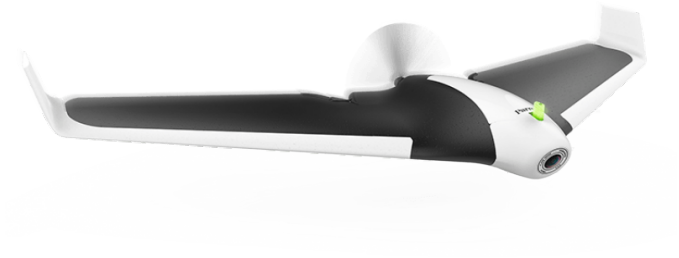
Ala fixa

+	Més temps de vol (més aerodinàmics)
+	Més ràpids (normalment)
+	Suporten vents més forts
+	Menys parts
+	Pot planejar
-	Necessita zona d'enlairament i aterratge
-	Més difícils de volar



Multirotor

+	Més àgils de maniobrar
+	Enlairament i aterratge verticals
+	Capacitat de 'sobrevolar' (hover)
+	Més fàcil de volar
+	Més populars/comuns
-	Les avantatges d'un ala fixa



Ala fixa

+	Més temps de vol (més aerodinàmics)
+	Més ràpids (normalment)
+	Suporten vents més forts
+	Menys parts
+	Pot planejar
-	Necessita zona d'enlairament i aterratge
-	Més difícils de volar



Multirotor

+	Més àgils de maniobrar
+	Enlairament i aterratge verticals
+	Capacitat de 'sobrevolar' (hover)
+	Més fàcil de volar
+	Més populars/comuns
-	Les avantatges d'un ala fixa

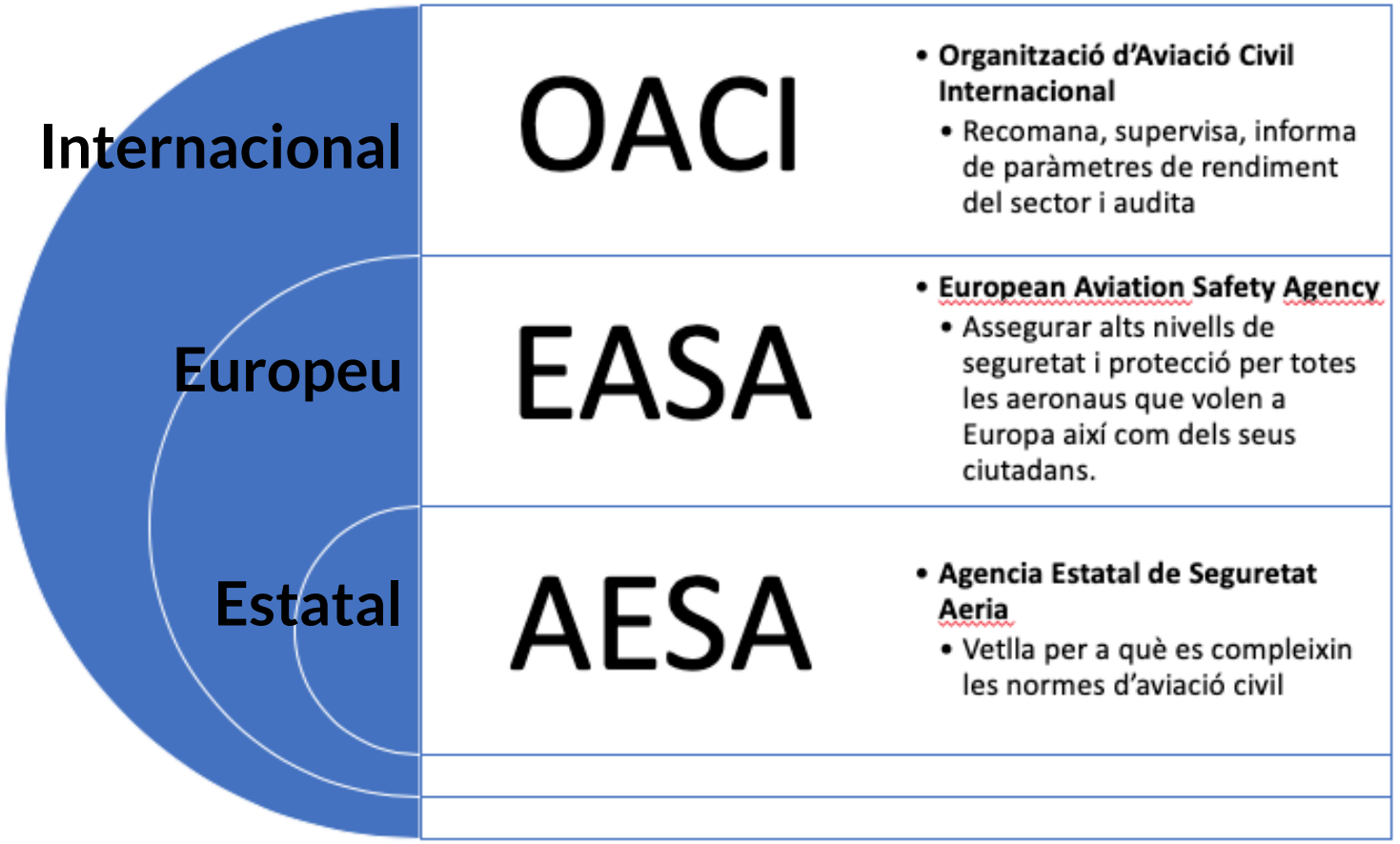


Altres

+	Autonomia 2 ½ h
+	Enlairament i aterratge verticals
+	Capacitat de 'sobrevolar' (hover)
+	Més fàcil de volar
+/-	Funciona amb gasoil
-	Molt soroll
-	Fets a mida


CTFC
Normativa

Normativa



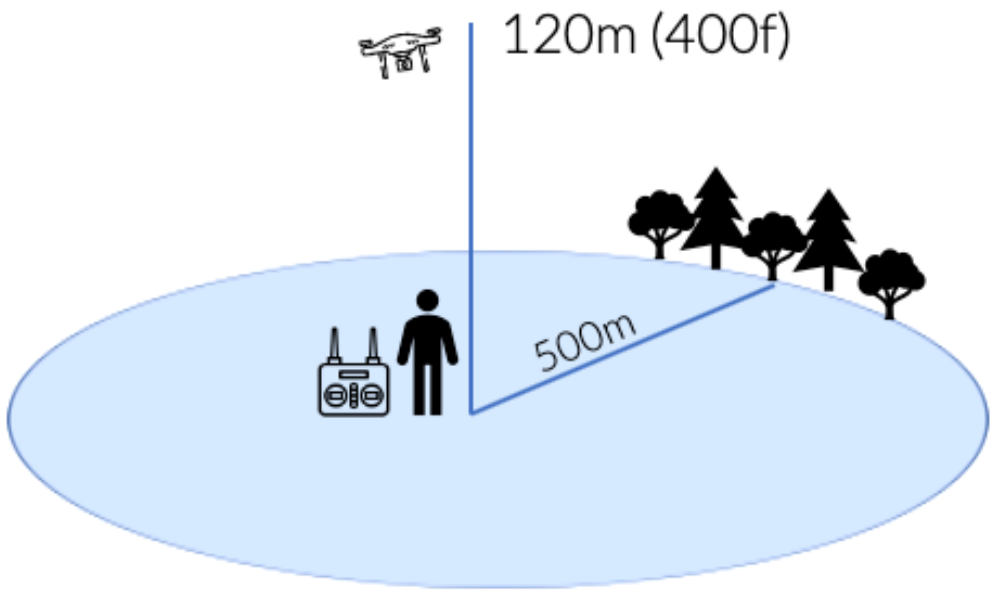
European Union Aviation Safety Agency

Glossari ràpid

MTOM/MTOW	*Maximum Take-Off Weight.* Pes màxim en el moment de l'enlairament
Operador/a	Habilitació per part d'AESA per poder realitzar treballs aeris amb un RPA. Una operadora pot tenir varis pilots.
RPIC/Observador	*Remotely Pilot In Command*: Persona que pilota i té el control de l'aeronau. Observador: Assisteix a l'RPIC. Només cal tenir l'examen teòric aprovat.

Reial Decret 1036/2017

Escenaris - Procediments Operacionals



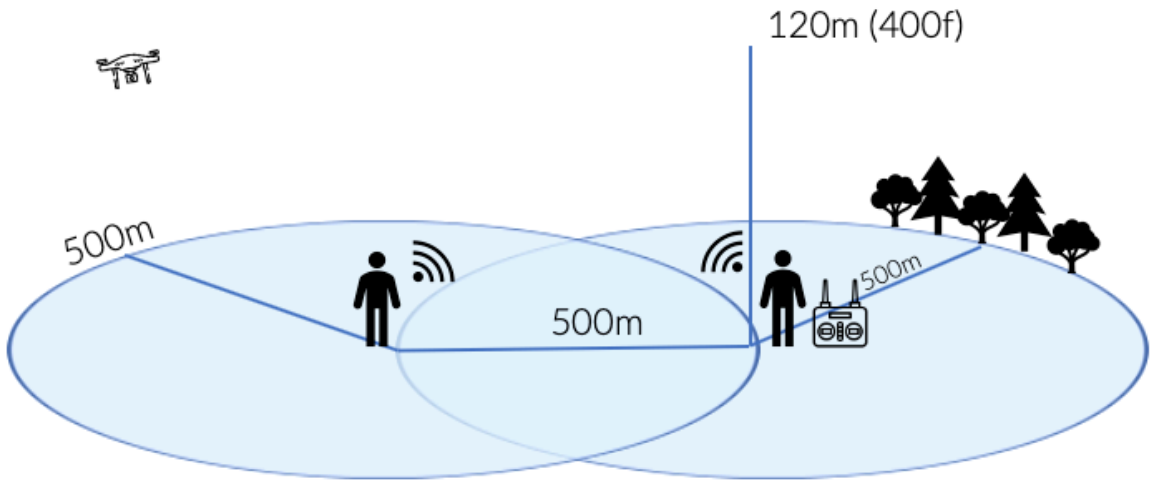
Visual **L**ine **O**f **S**ight

✓	Sempre en línia de vista de **RPIC**
✓	Dist. H. fins a 500m de **RPIC**
✓	Dist. V. fins a 120m de **RPIC**

X	Espai aeri controlat
X	Edificis o aglomeracions de persones

Reial Decret 1036/2017

Escenaris - Procediments Operacionals



Extended **V**isual **L**ine **O**f **S**ight

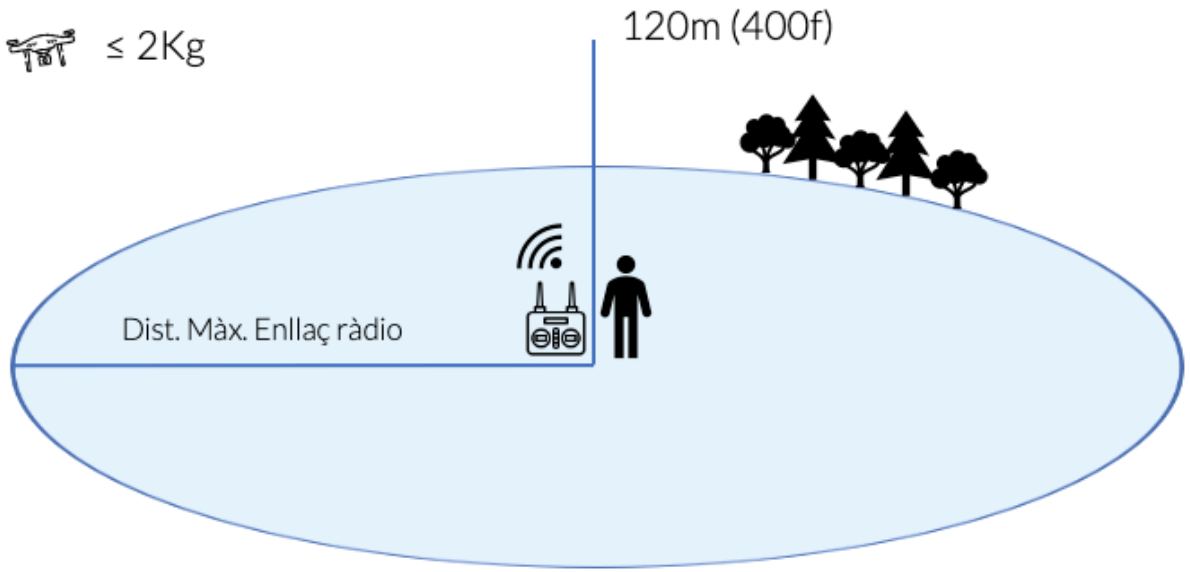
✓	Sempre en línia de vista de **RPIC** o **OBS**
✓	Dist. H. fins a 500m de **RPIC** o **OBS**
✓	Dist. V. fins a 120m de **RPIC** o **OBS**
✓	Comunicació ràdio permanent **RPIC-OBS**

X	Espai aeri controlat
X	Edificis o aglomeracions de persones

Reial Decret 1036/2017

Escenaris - Procediments Operacionals

Beyond **V**isual **L**ine **O**f **S**ight



✓	Dist. H. fins on arribi **enllàç ràdio**
✓	Dist. V. fins a 120m de **RPIC**
✓	MTOW **≤ 2 Kg**
✓	Demanar un **NOTAM**
✓	Autorització **AESA**

X	Espai aeri controlat
X	Edificis o aglomeracions de persones

2 Kg < MTOW ≤ 25 Kg ? Sistema homologat de DETECT & AVOID. Demanar un **TSA (Temporary Segregated Area)**

Reial Decret 1036/2017

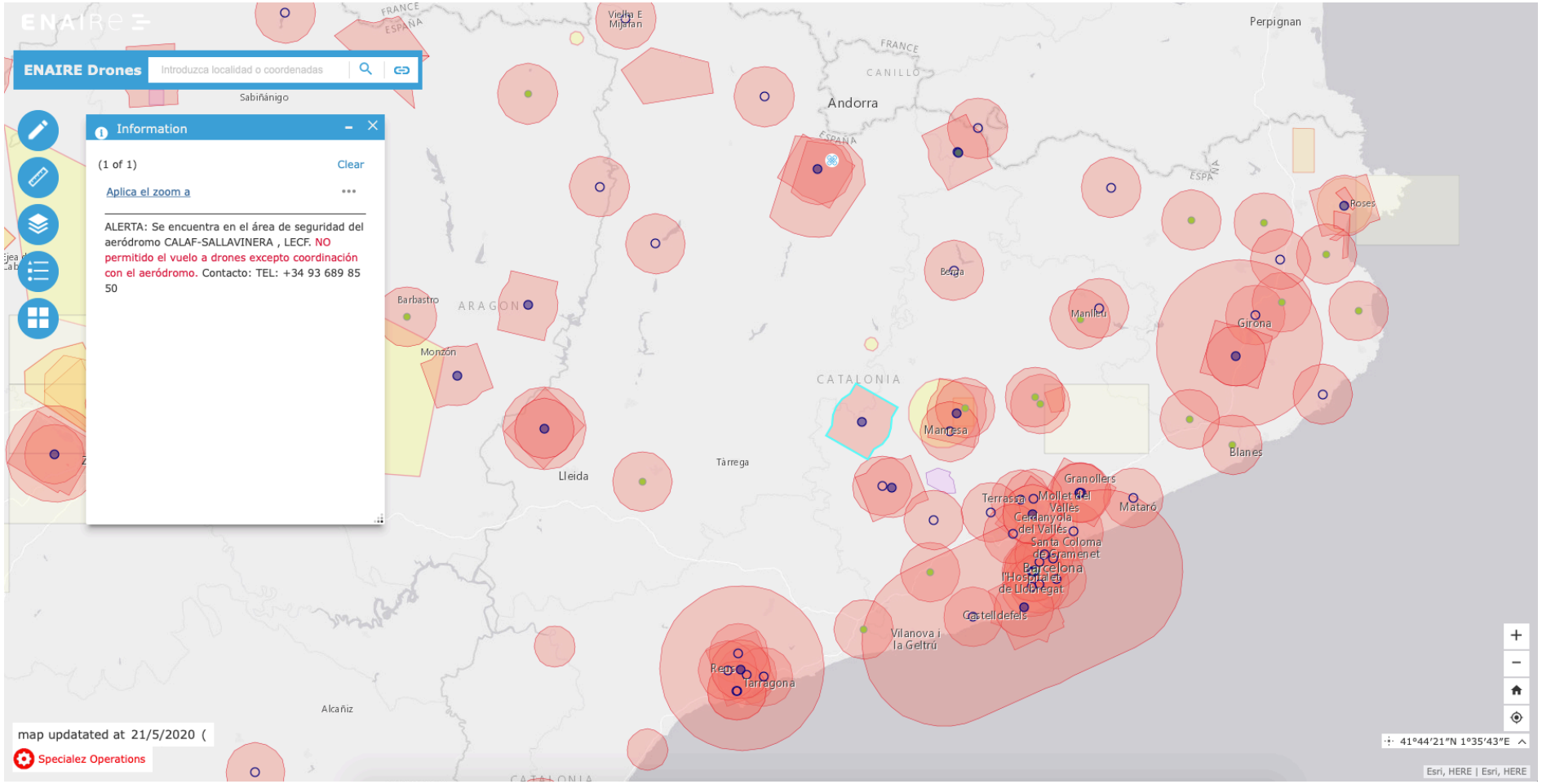
Zones P, R, D, RVF, ZEPA, etc

Zona P (Prohibida)	Prohibit el vol d'aeronaus excepte els autoritzades pel Ministeri de Defensa.
Zona R (Restringida)	Restringit el vol d'aeronaus d'acord amb determinades condicions específiques.
Zona D (*Dangerous* – Perillosa)	Espai aeri on pot ser que es realitzin, en determinats moments, activitats perilloses pel vol d'aeronaus.
TSA (*Temporary Segregated Area* – Àrea temporalment segrestada)	Espai aeri exclusiu per nosaltres. No hi hauria d'entrar cap aeronau. Depèn del "sostre" que ens concedeixin no tindrem la limitació de 120m ja que no hi entrarà cap altra aeronau.
RVF, ZEPA, Parcs Naturals	En aquests casos haurem de mirar per cada cas concret si podem volar o no, i en el seu defecte demanar autorització.

Reial Decret 1036/2017

ENAIRE Drones

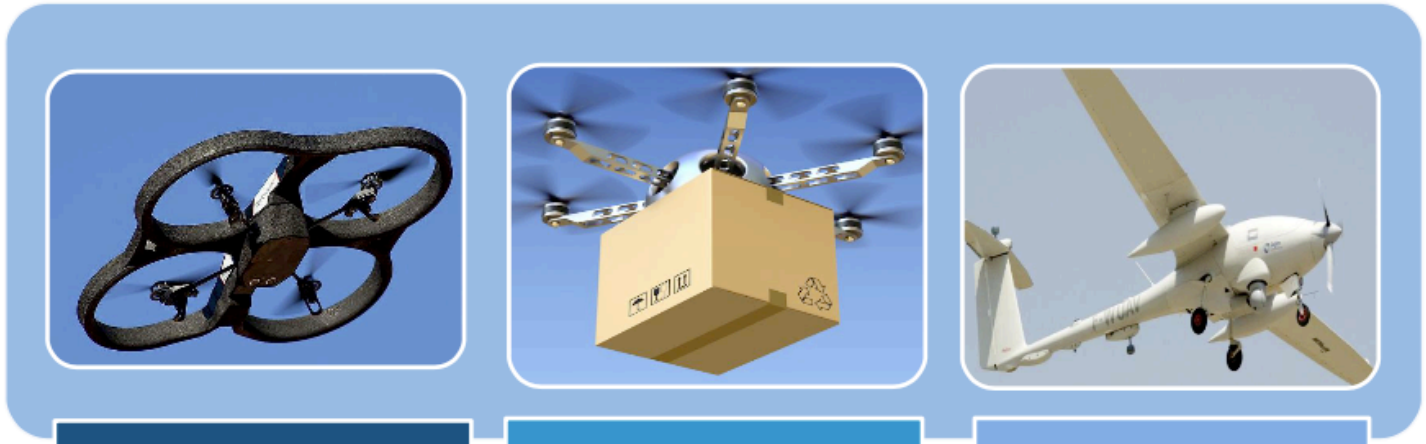
Tota aquesta informació la podem trobar a la pàgina web d'AESA Drones ENAIRE (https://drones.enaire.es).



Normativa comunitària sobre operacions amb UAS (EASA)



Normativa comunitària sobre operacions amb UAS (EASA)



'ABIERTA'

Bajo riesgo

No se require autorización ni declaración por parte del operador

("*Plug and play*")

'ESPECÍFICA'

Mayor riesgo

Estudio aeronáutico seguridad (SORA)

Declaración operador o autorización AESA

STS & Predefined Risk Assessment EASA

'CERTIFICADA'

Riesgo alto

Operador certificado

UAS certificado

Piloto con licencia

Reglamento Delegado (UE) 2019/945

Normativa comunitària sobre operacions amb UAS (EASA)



'ABIERTA'

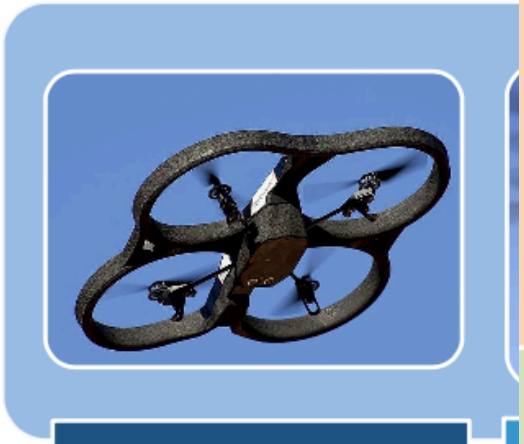
Bajo riesgo

No se require autorización ni declaración por parte del operador

(*"Plug and play"*)

LIMITACIÓN SUBCATEGORÍA	REQUISITOS DE AERONAVES	REQUISITOS DE PILOTOS
A1 Se permite el sobrevuelo de personas ajenas a la operación	Construcción privada o previa a la norma de <250 g y < 19 m/s	Familiarizarse con el **manual de usuario** del fabricante
	Clase C0 (<250 g)	Familiarizarse con el **manual de usuario** del fabricante
	Clase C1 (<900 g y < 80J con e-ID y Geo-awareness)	Familiarizarse con el **manual de usuario** del fabricante Completar un **curso online** Superar **examen teórico online**
A2 Se permite el vuelo cerca de personas ajenas a la operación Manteniendo, una distancia de seguridad (30 - 5 metros)	Clase C2 (<4 kg con low-speed, e-ID y Geo-awareness)	Familiarizarse con el **manual de usuario** del fabricante Poseer un **certificado de competencia de piloto remoto**, obtenido mediante formación y examen online, autopráctica y examen presencial
A3 Operaciones en áreas donde no se espera poner en peligro a personas ajenas a la operación Manteniéndose a > 150 metros de áreas residenciales, comerciales, industriales o recreacionales	Construcción privada o previa a la norma de <25 kg	Lo mismo que la Clase C1 en A1
	Clase C2 (<4 kg con e-ID y Geo-awareness)	
	Clase C3 (<25 kg con e-ID y Geo-awareness)	
	Clase C4 (<25 kg)	

Normativa comunitària sobre operacions amb UAS (EASA)



'ABIERTA'

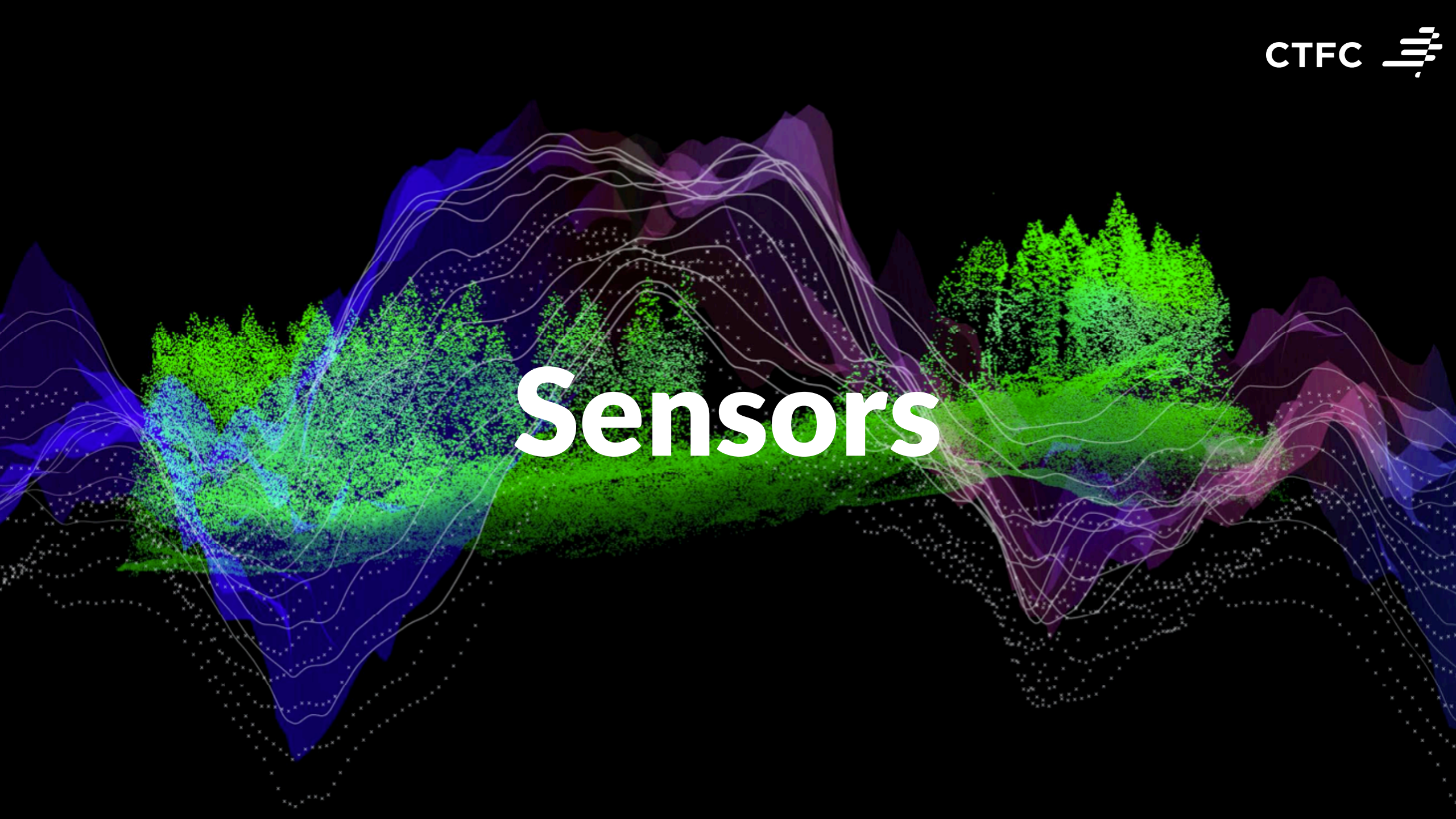
Bajo riesgo

No se require autorización ni declaración por parte del operador

LIMITACIÓN SUBCATEGORÍA	REQUISITOS DE AERONAVES	REQUISITOS DE PILOTOS
A1 Se permite el sobrevuelo de personas ajenas a la operación	Construcción privada o previa a la norma de <250 g y < 19 m/s	Familiarizarse con el **manual de usuario** del fabricante
	Clase C0 (<250 g)	Familiarizarse con el **manual de usuario** del fabricante
	Clase C1 (<900 g y < 80J con e-ID y Geo-awareness)	Familiarizarse con el **manual de usuario** del fabricante Completar un **curso online** Superar **examen teórico online**
A2 Se permite el vuelo cerca de personas ajenas a la operación Manteniendo, una distancia de seguridad (30 - 5 metros)	Clase C2 (<4 kg con low-speed, e-ID y Geo-awareness)	Familiarizarse con el **manual de usuario** del fabricante Poseer un **certificado de competencia de piloto remoto**, obtenido mediante formación y examen online, autopráctica y examen presencial
A3 Operaciones en áreas donde no se espera poner en peligro a personas ajenas a la	Construcción privada o previa a la norma de <25 kg	Lo mismo que la Clase C1 en A1
	Clase C2 (<4 kg con e-ID y Geo-awareness)	
comerciales, industriales o recreacionales	Clase C4 (<25 kg)	

https://www.seguridadaerea.gob.es/media/4748968/presentacion_normativa_europea_uas.pdf

CTFC



Sensors

Sensors

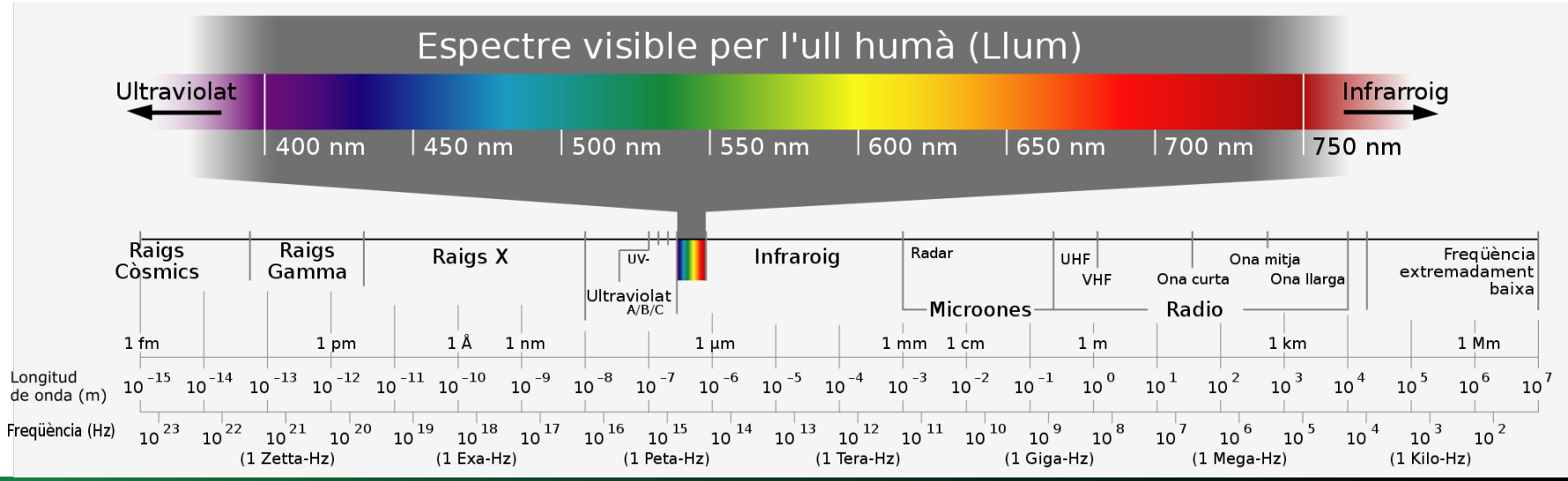
- **RGB**
- **Multiespectral**
- **Tèrmic**
- **LIDAR**
- **Altres**

RedGreenBlue





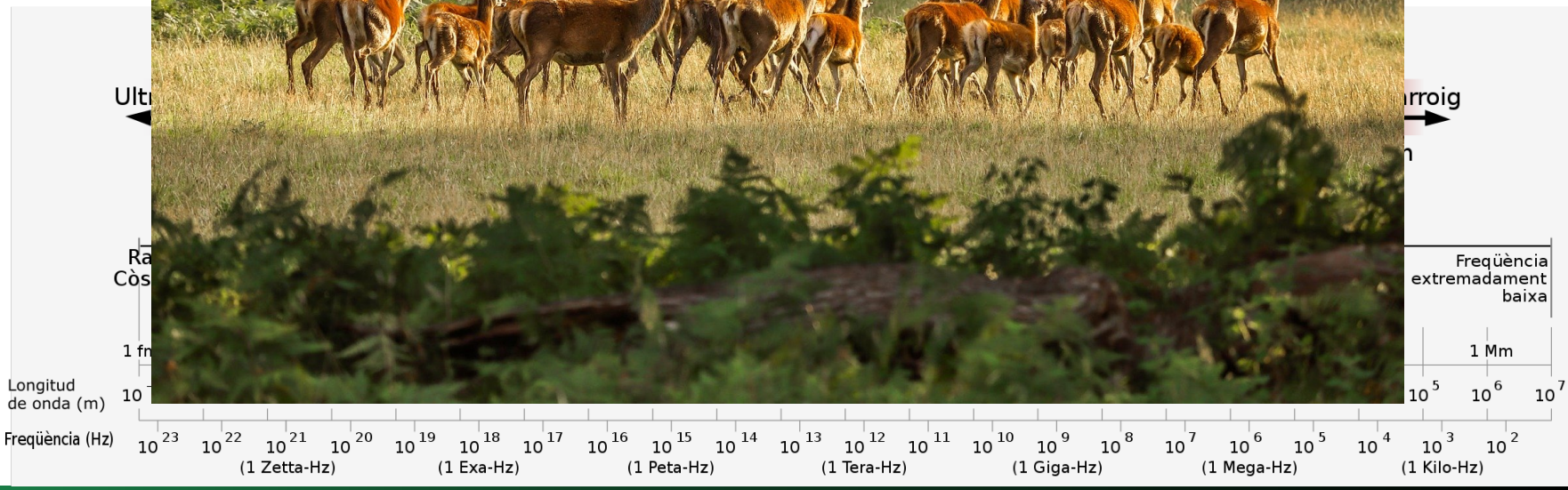




Sensors

- **RGB**
- **Multiespectral**
- **Tèrmic**
- **LIDAR**
- **Altres**



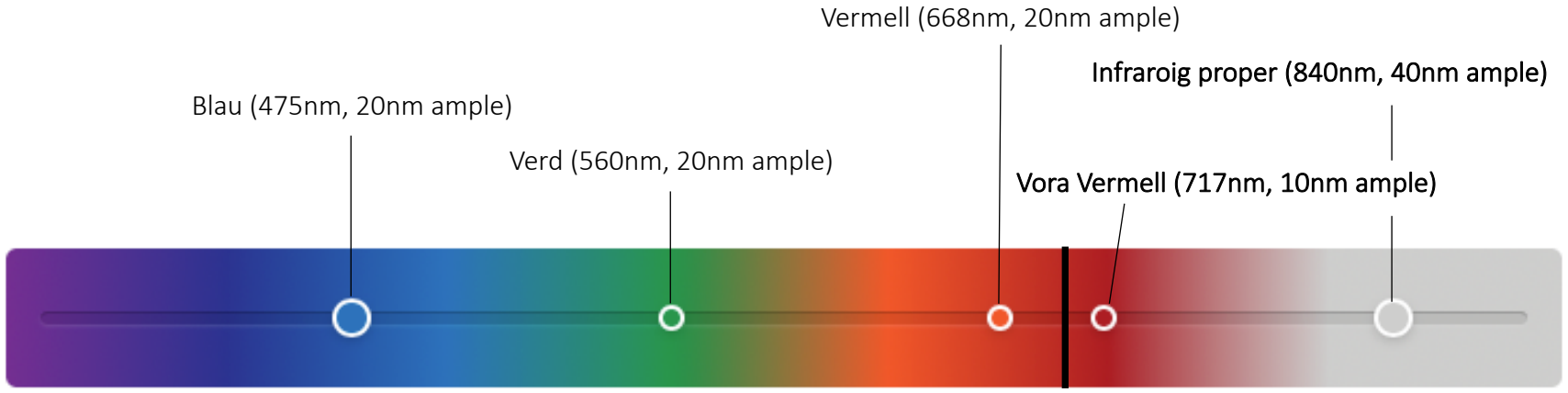


Sensors

- **RGB**
- **Multiespectral**
- **Tèrmic**
- **LIDAR**
- **Altres**

- Capturen diferents bandes de l'espectre electromagnètic
- No visible a l'ull humà



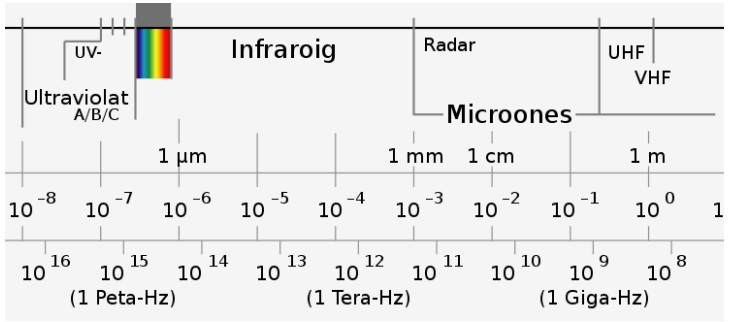


Visible to Non-visible Light Spectrum Range Represented (400 nm - 900 nm)

Sensors

RGB
Multiespectral
Tèrmic
LIDAR
Altres

- Mesura radiació **infraroja**
- L'energia IR pot ser reflectida però també **emesa** (podem volar de nit)
- No traspassa alguns materials (p.e. aigua).
- No podem veure per sota de la capçada dels arbres







Sensors

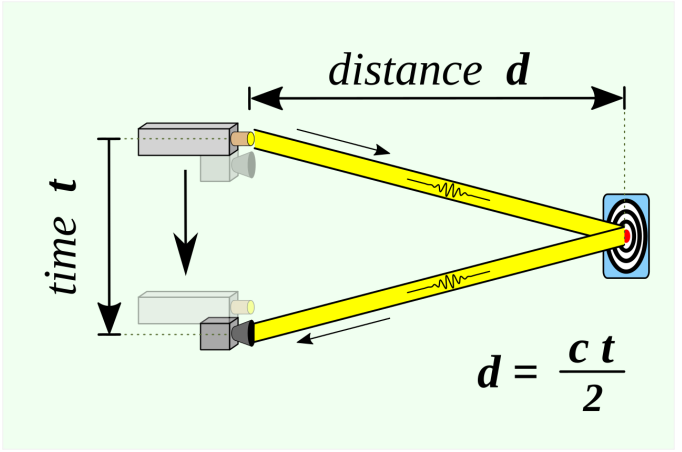
- **RGB**
- **Multiespectral**
- **Tèrmic**
- **LiDAR**
- **Altres**

"Light Detection And Ranging" o "Laser Imaging, Detection, And Ranging"

Pulsos làser que reboten als objectes

Mateix principi que:

- SOund Navigation And Ranging (ones sonores)
- RAdio Detection And Ranging (ones radio)



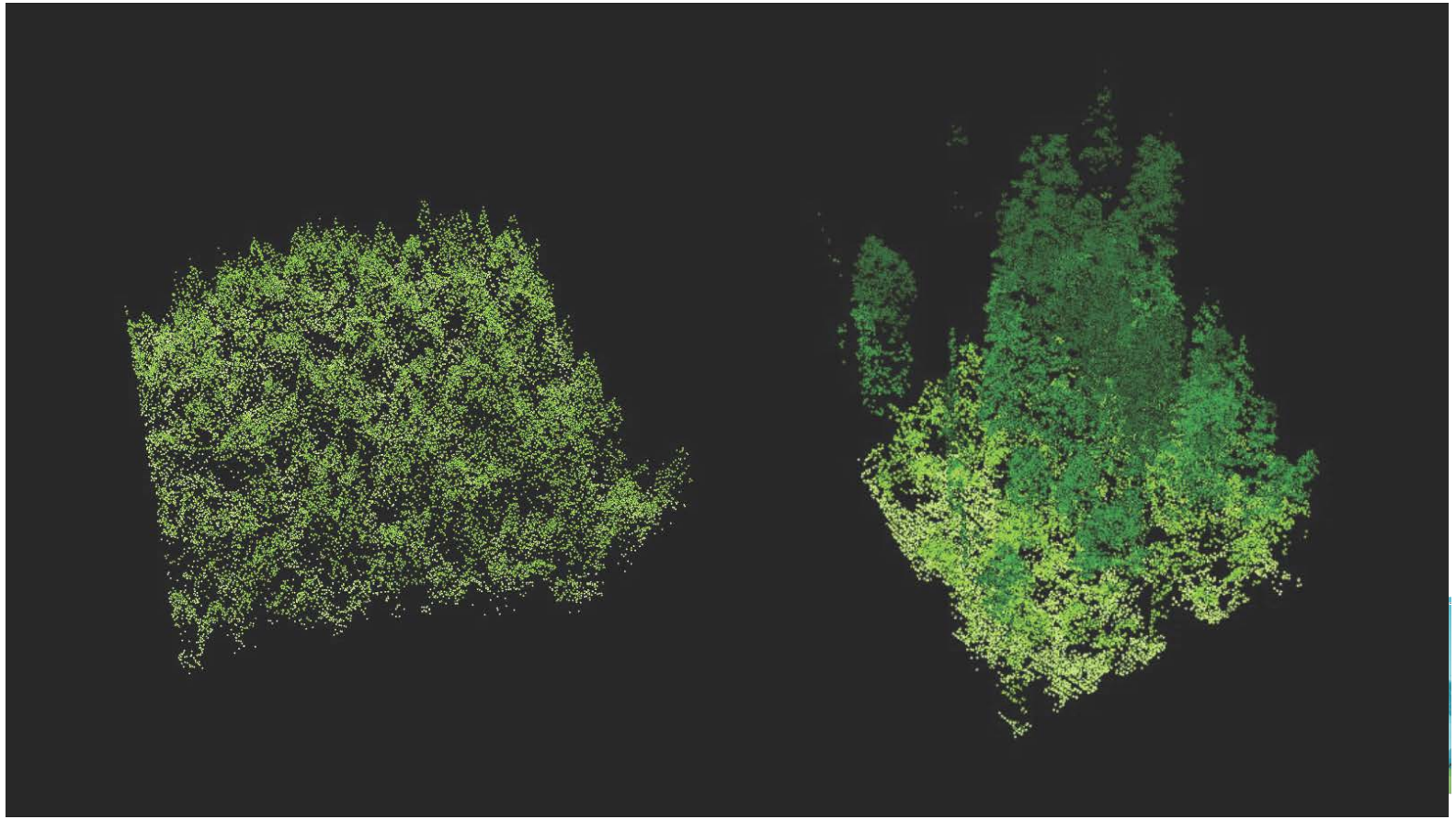




Sensors

- **RGB**
- **Multiespectral**
- **Tèrmic**
- **LiDAR**
- **Altres**

*”**Li**ght **D**etection **A**nd **R**anging” o ”**L**aser **I**maging, **D**etection, **A**nd **R**anging"*



Sensors

RGB
Multiespectral
Tèrmic
LiDAR
Altres

- Magnetòmetres

Barczyk, M., & Lynch, A. F. (2012). Integration of a Triaxial Magnetometer into a Helicopter UAV GPS-Aided INS. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 48(4), 2947–2960. doi:10.1109/taes.2012.6324671

- Acústics

Hoshiba, K.; Washizaki, K.; Wakabayashi, M.; Ishiki, T.; Kumon, M.; Bando, Y.; Gabriel, D.; Nakadai, K.; Okuno, H.G. Design of UAV-Embedded Microphone Array System for Sound Source Localization in Outdoor Environments. Sensors 2017, 17, 2535.

- Qualitat de l'aire

Chwaleba, A., Olejnik, A., Rapacki, T. and Tuśnio, N. 2014. Analysis of capability of air pollution monitoring from an unmanned aircraft. Aviation. 18, 1 (Apr. 2014), 13-19.
DOI: https://doi.org/10.3846/16487788.2014.865936.

- Altaveus i megàfons

"*La Policia de Sabadell utilitzarà drons per assegurar que es compleix el confinement*"
Nació Digital de 24 de març de 2020

CTFC

Fotogrametria

Fotogrametria

*La **fotogrametria** és la ciència i tecnologia d'obtenir informació rellevant d'objectes i de l'entorn a través del procés de mesurar i interpretar imatges capturades des de diferents posicions i angles.*



Fotogrametria

*La **fotogrametria** és la ciència i tecnologia d'obtenir informació rellevant d'objectes i de l'entorn a través del procés de mesurar i interpretar imatges capturades des de diferents posicions i angles.*



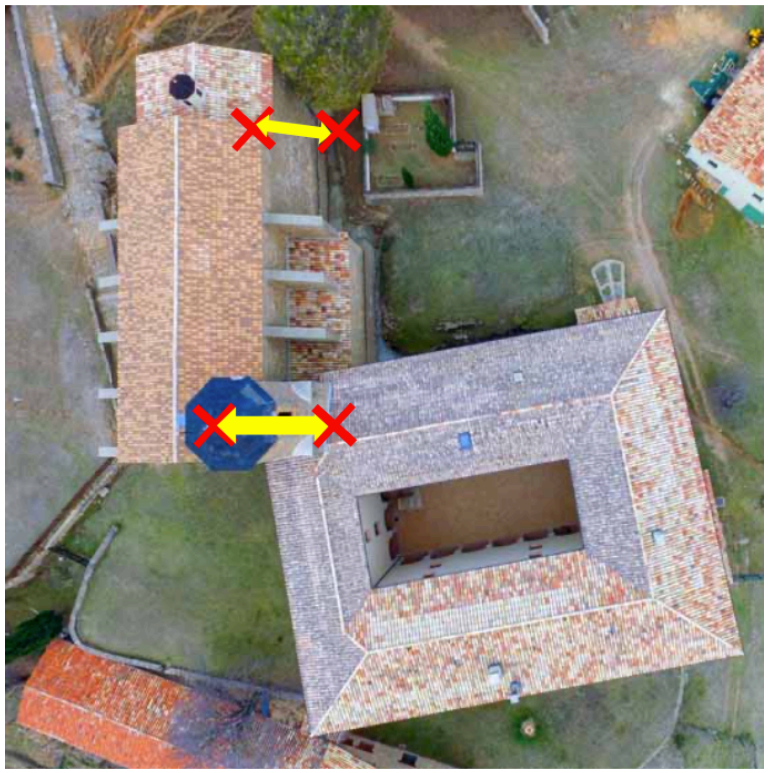


Fotogrametria

*La **fotogrametria** és la ciència i tecnologia d'obtenir informació rellevant d'objectes i de l'entorn a través del procés de mesurar i interpretar imatges capturades des de diferents posicions i angles.*

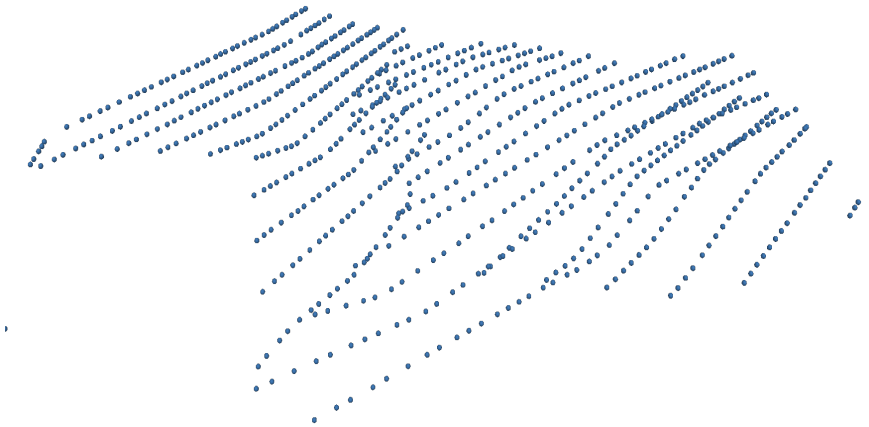






Fotogrametria

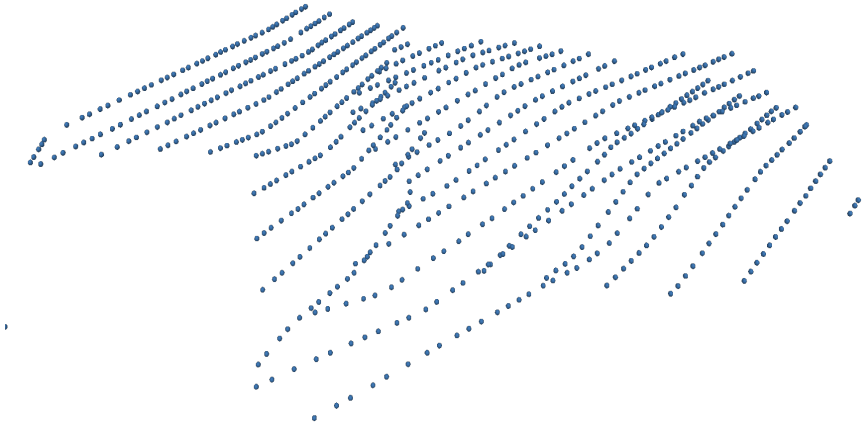
Fotografies geoetiquetades



772 imatges

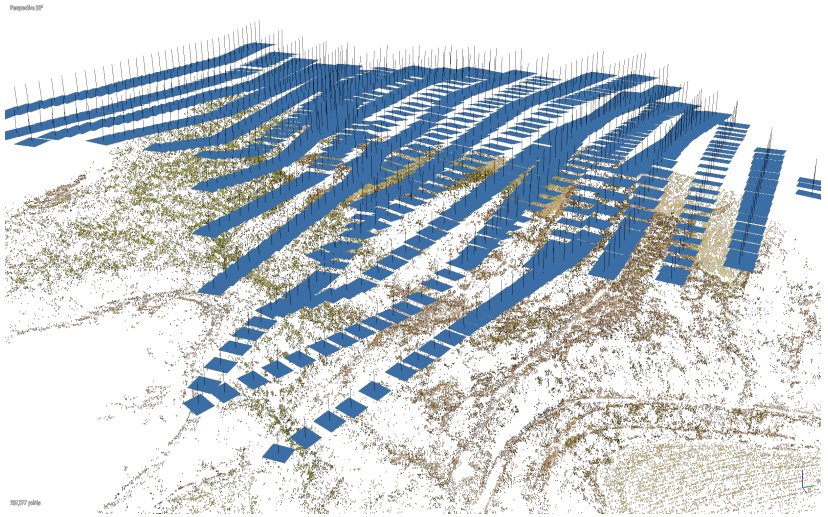
Fotogrametria

Fotografies geoetiquetades



772 imatges

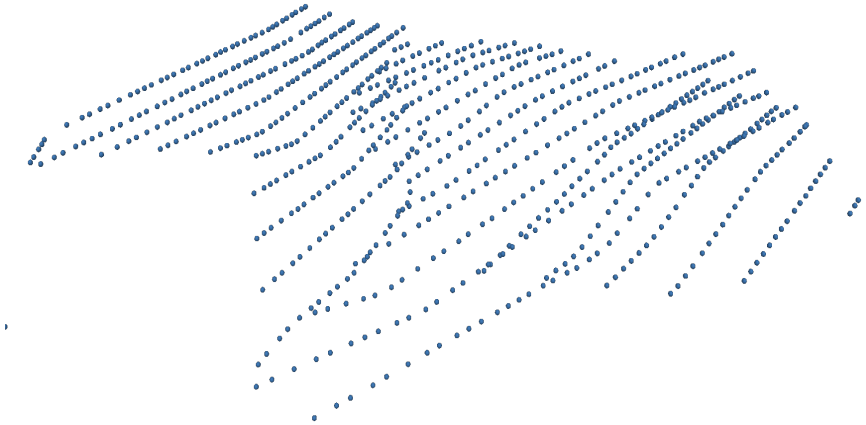
Orientació fotografies



297.077 punts

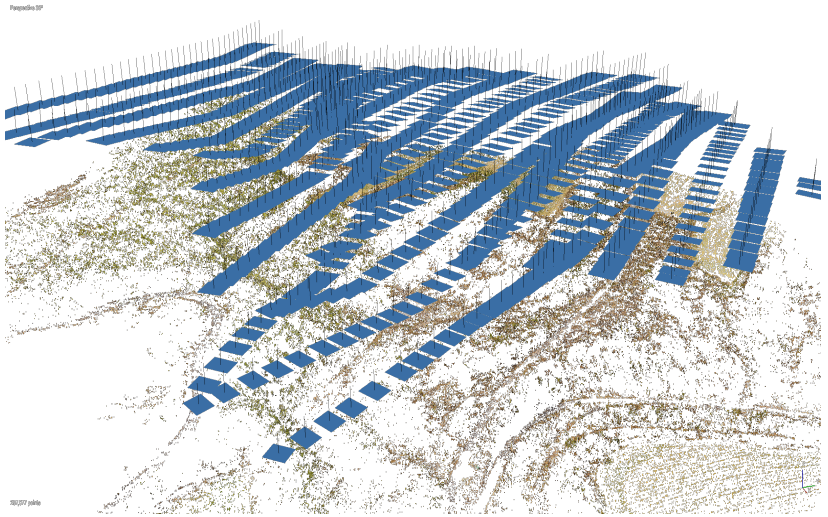
Fotogrametria

Fotografies geoetiquetades



772 imatges

Orientació fotografies



297.077 punts

Núvol de punts

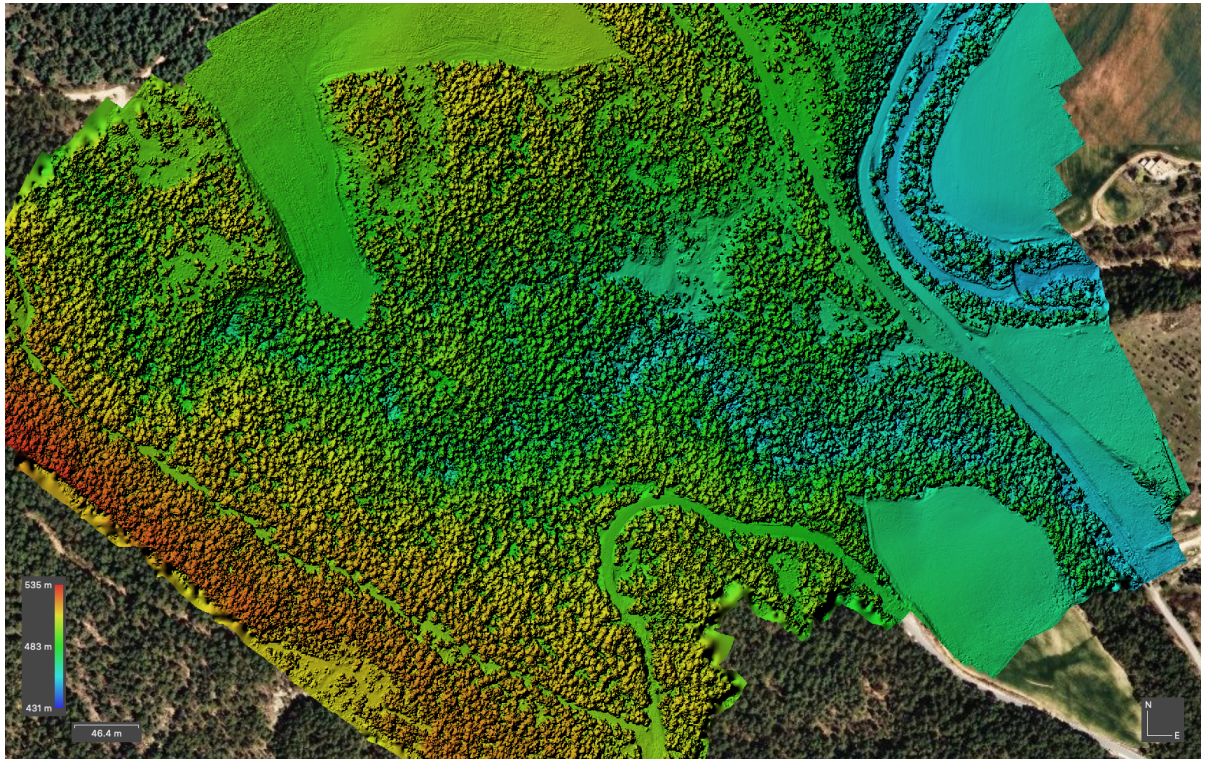


982.510.909 punts

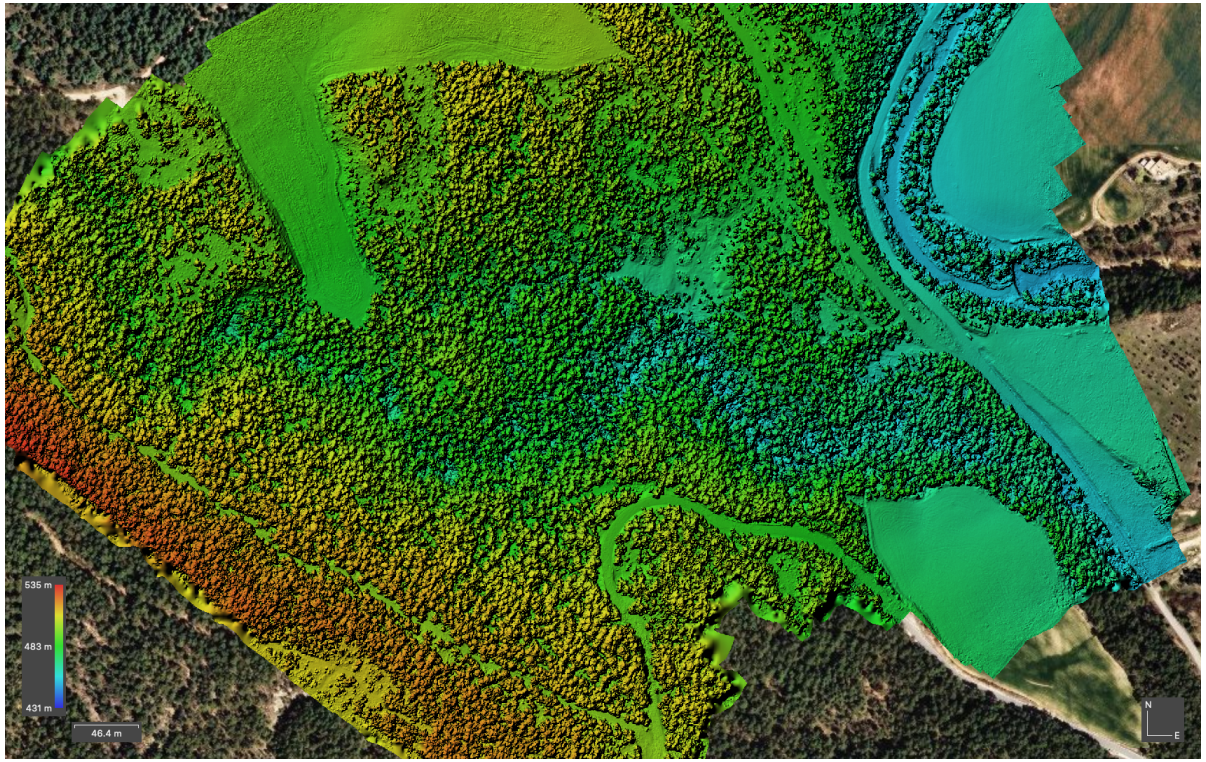
CTFC

Vídeo

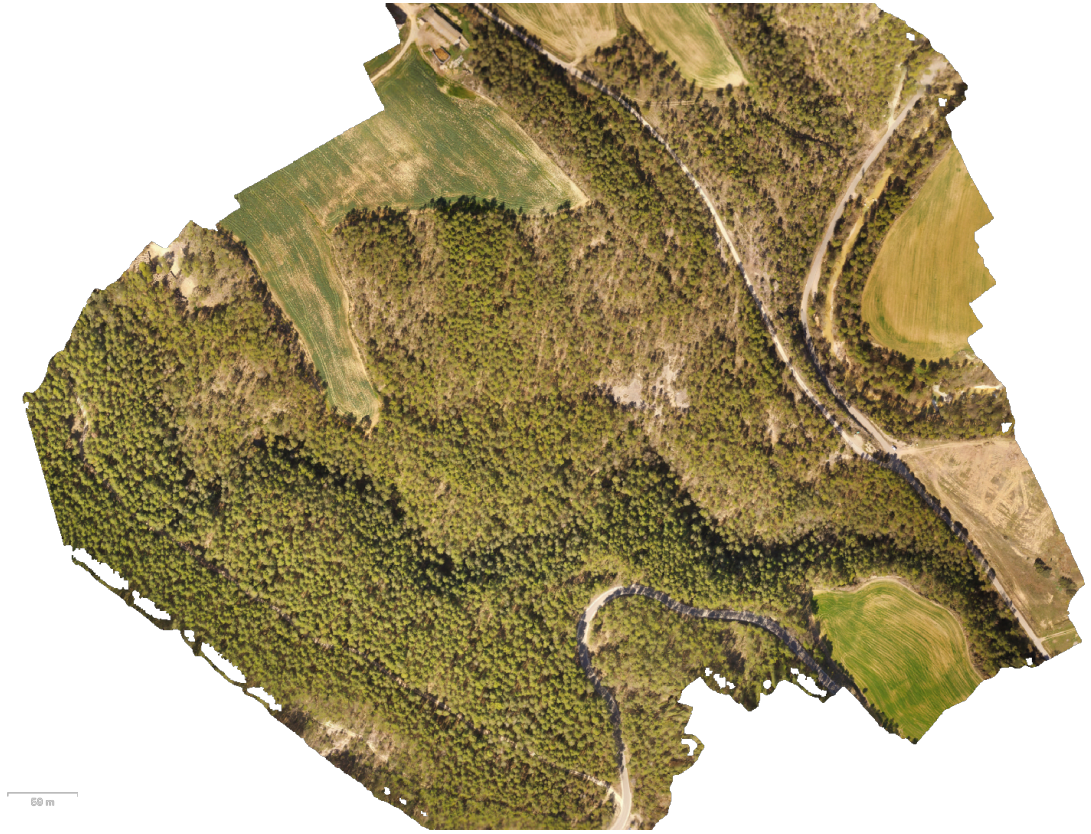
Model Digital d'Elevacions (DEM)



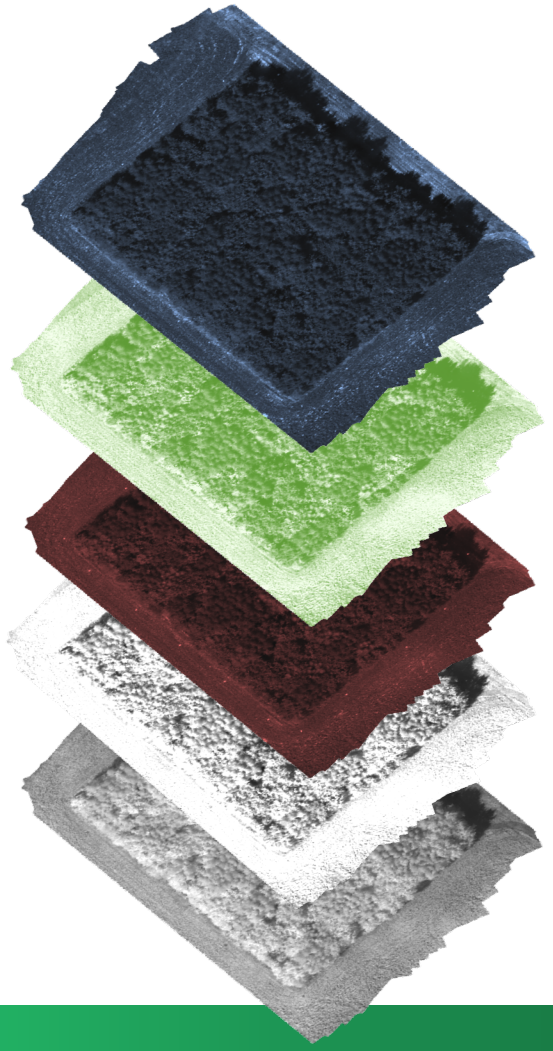
Model Digital d'Elevacions (DEM)

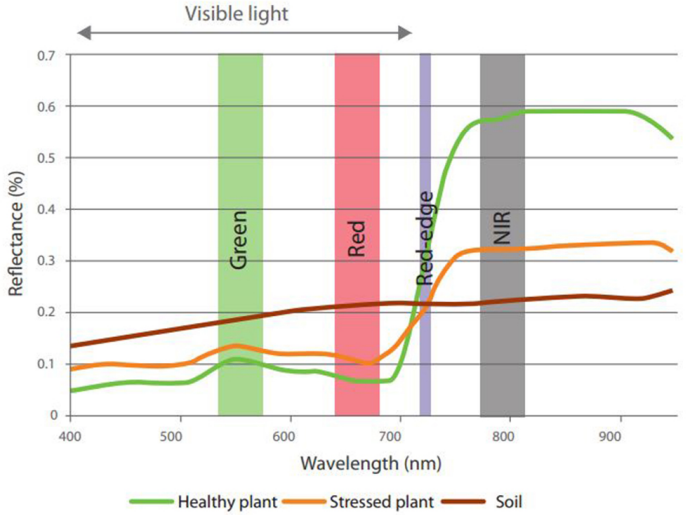


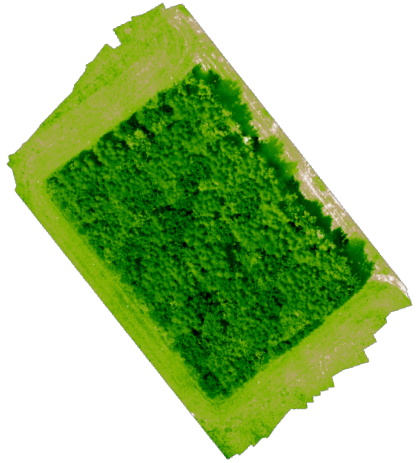
Ortoimatge



Transformacions raster

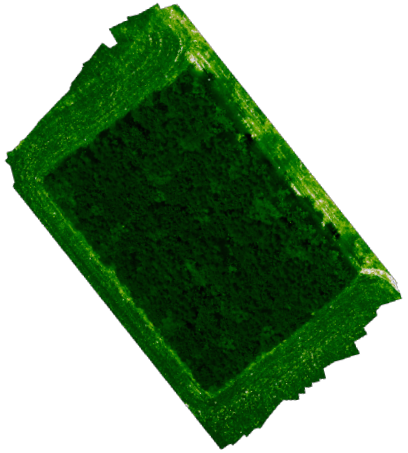






Índex de vegetació

Índex espectral	Equació	Font
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	(Rouse et al., 1974)
Green Normalized Difference Vegetation Index (GDVI)	$\frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$	(Gitelson and Merzlyak, 1994)
Normalized Difference Red Edge Index (NDRE)	$\frac{(NIR - RedEdge)}{(NIR + RedEdge)}$	(Barnes et al., 2000)
Datt 99 Index (Dt99)	$\frac{(NIR - RedEdge)}{(NIR - Red)}$	(Datt, 1999)



Fotogrametria

Què necessitem tenir en compte a l'hora de fer un projecte amb fotogrametria?

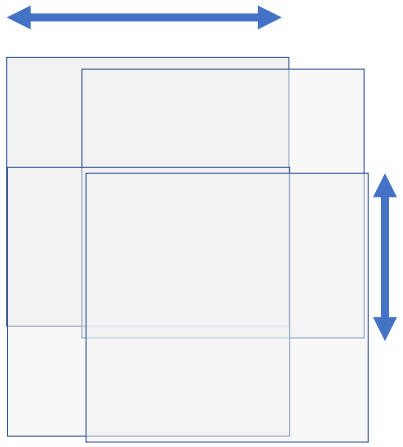
i. Resolució del sensor

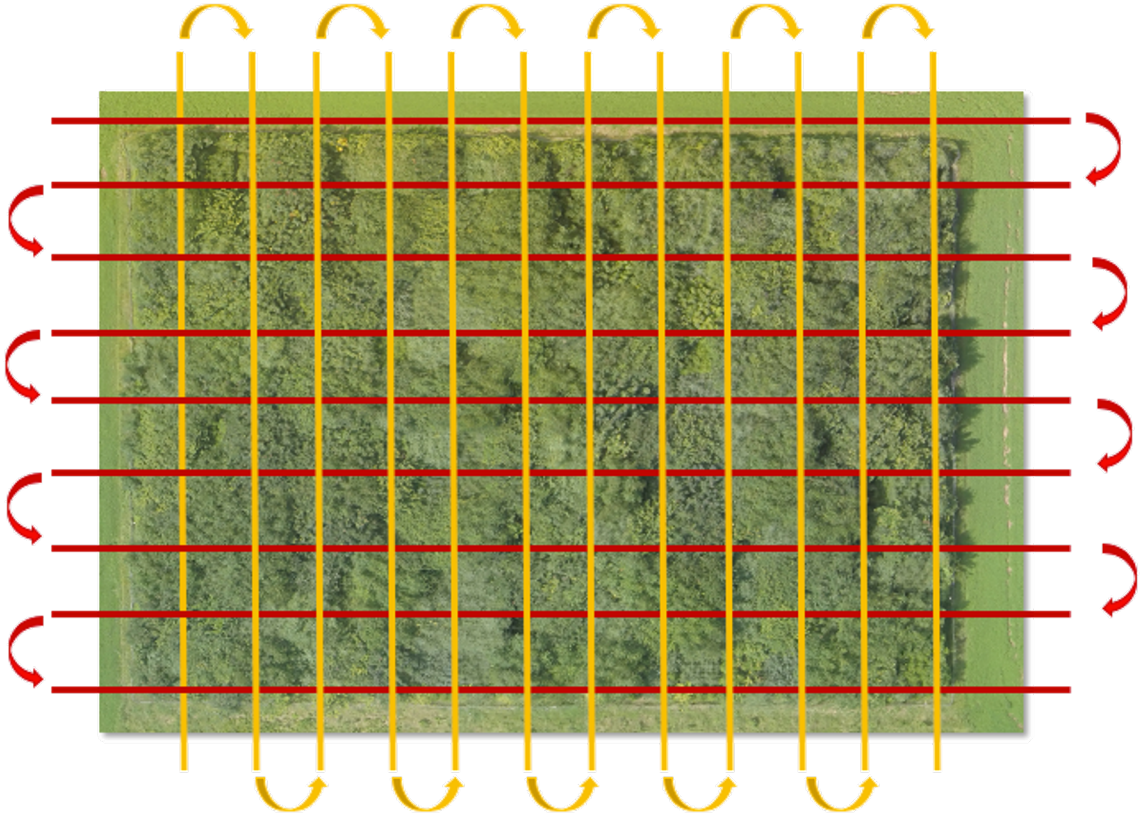
ii. Superposició (Overlap)

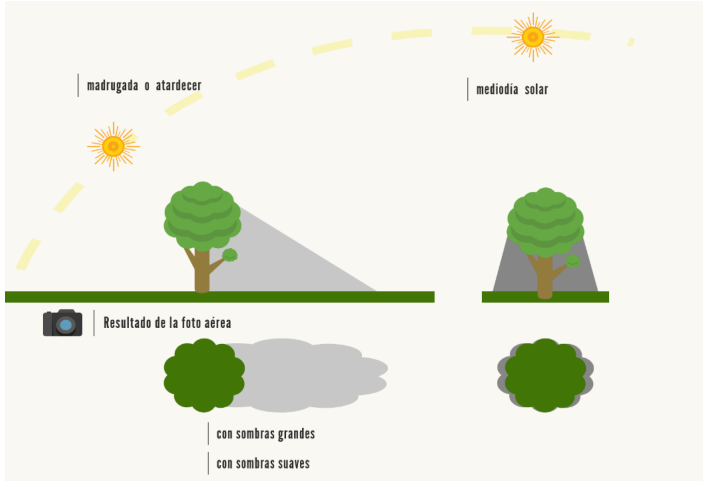
iii. Estructura del vol

iv. Ombres i vent

v. Altres







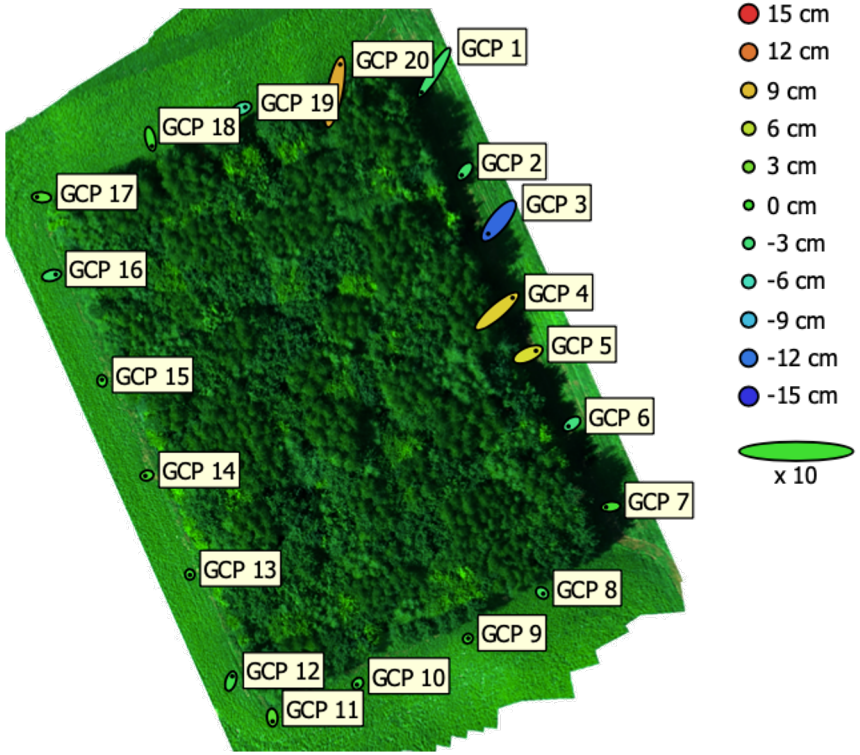
Fotogrametria

Resolució i precisió del model

- Mída del píxel a terra (GSD)
  - Més petit, més resolució
- Precisió del model respecte el món real
  - Punts de control (GCP)
  - Sistema RTK







Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
20	19.8425	30.2107	4.67395	36.1443	36.4452

Table 12. Control points RMSE.
X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

CTFC

Casos pràctics



DRONS I SANITAT FORESTAL: EL CAMÍ A SEGUIR

CAS PRÀCTIC

InForest Science Inspiring Future Forests

CTFC

CREAF

http://inforest.ctfc.cat/

InForest
Science Inspiring Future Forests

Iniciativa | Equip humà | Flota | Projectes | Experiències amb Dron | Publicacions | Media | Contacte

Projectes



Models 3D



Forestal



Fauna



Hàbitats no forestals



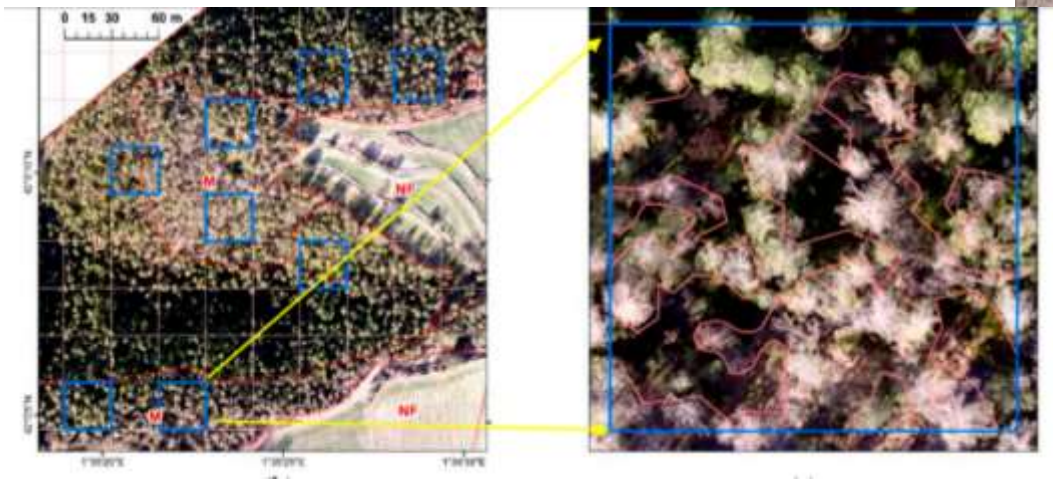
Ciència Ciutadana

Quins tipus d'informació utilitzarem?

- Ortoimatges
- Fotografies amb diferents perspectives
- Vídeos









Quins tipus d'informació espectral utilitzarem?

- Visible (RGB)
- Multiespectral (RG + infraroig proper)



DJI Phantom 3 Advanced

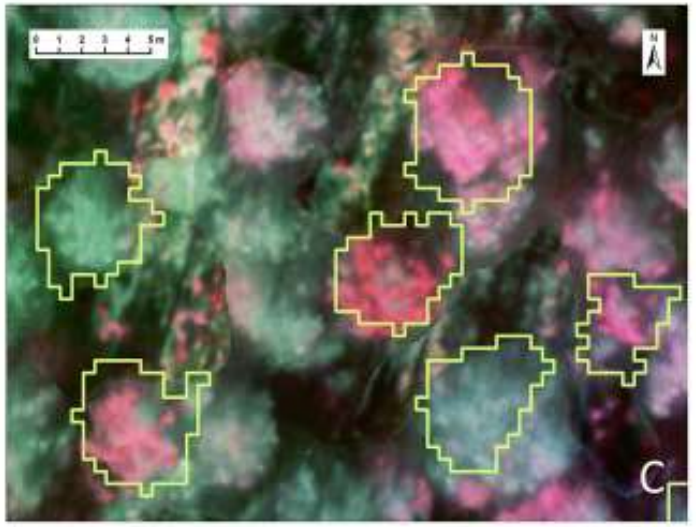
VISIBLE



DJI Phantom 3 Advanced

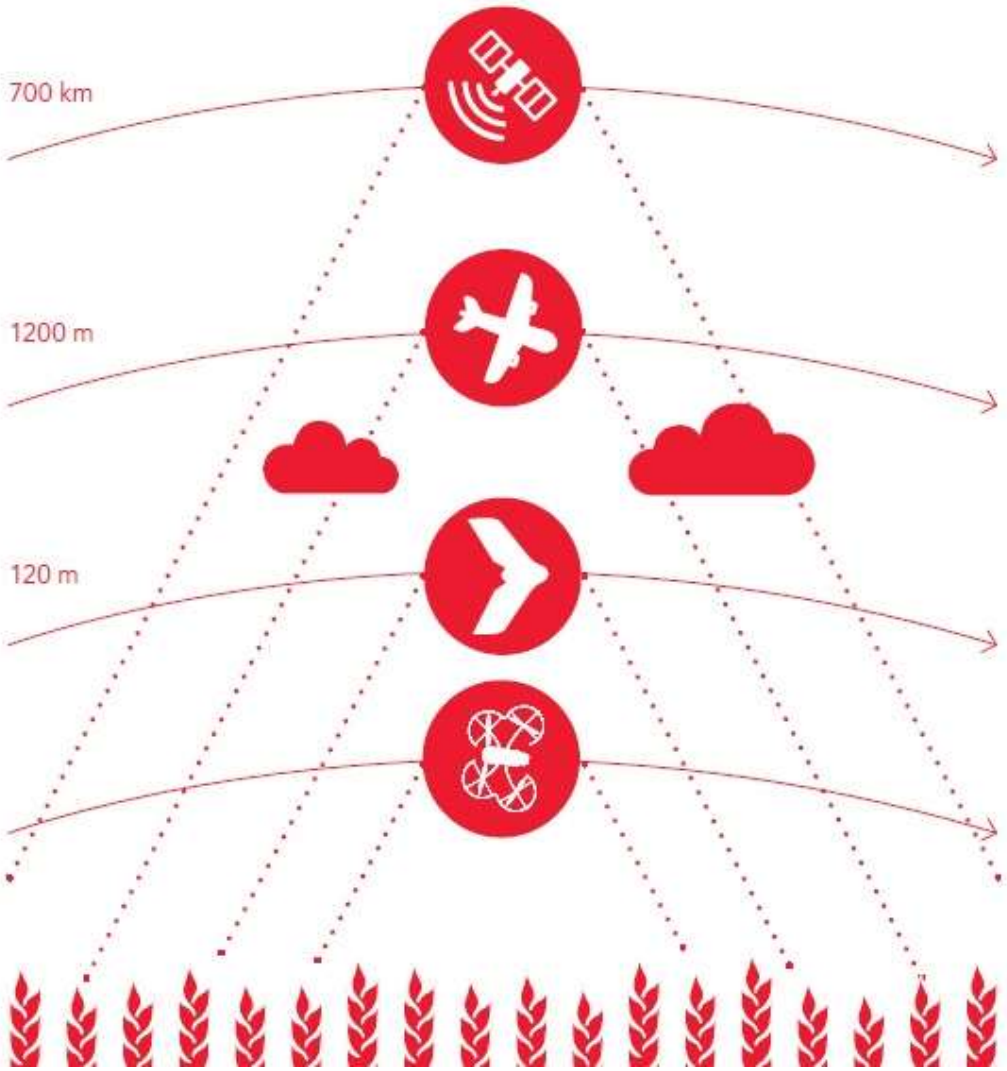
SEQUOIA MULTIESPECTRAL

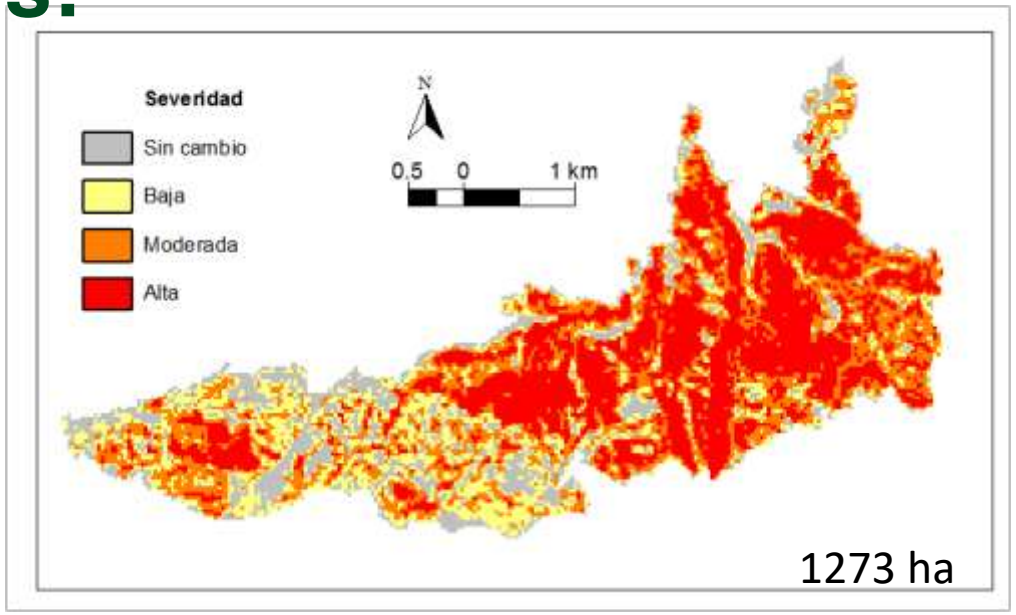


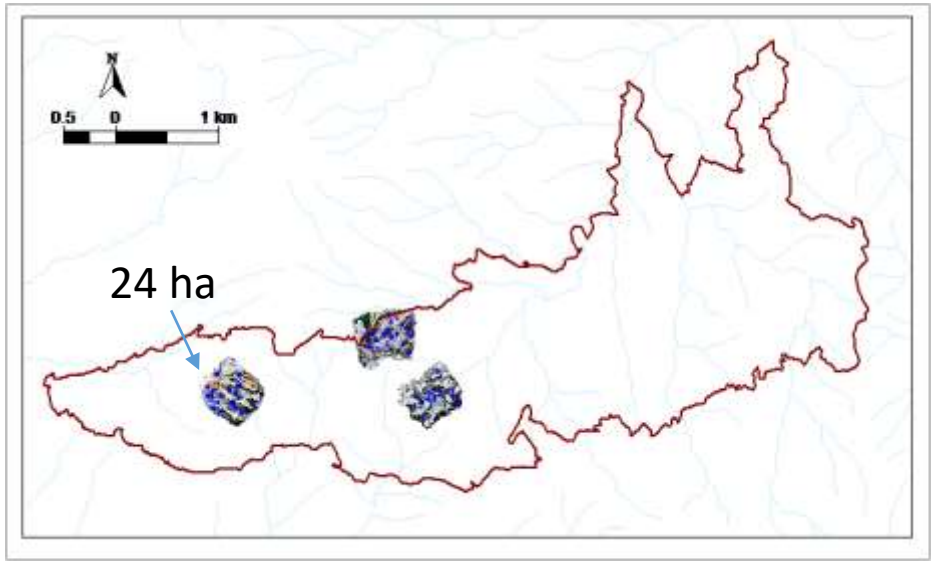


L'infraroig proper ens permet calcular índexs de vegetació tipus NDVI, NBR, etc.

Altres característiques dels drons:



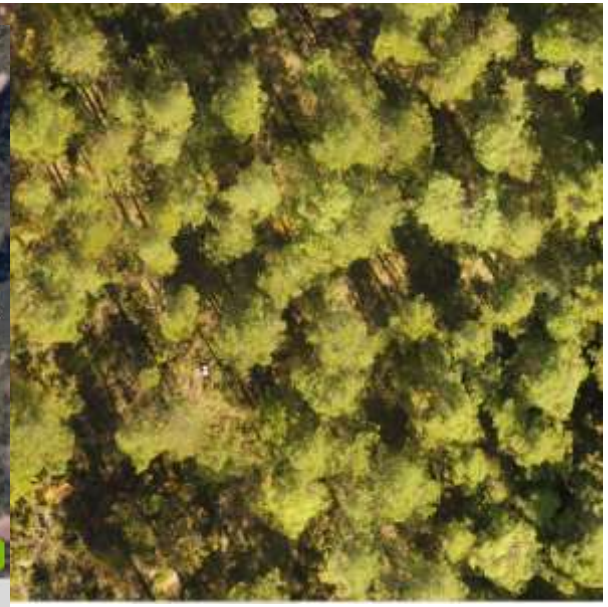


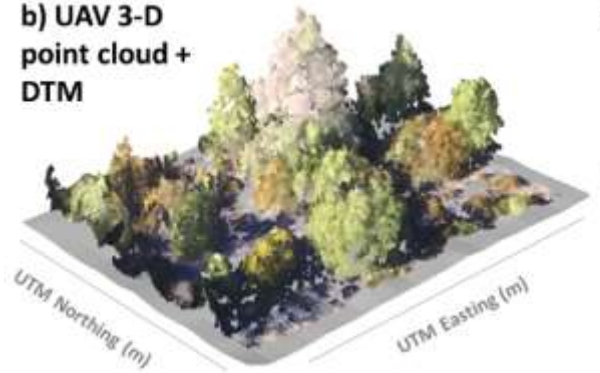


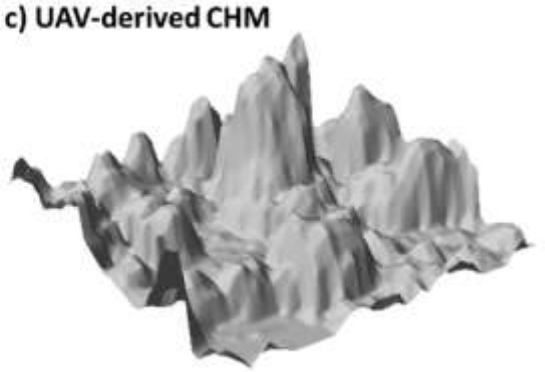
InForest
Science Inspiring Future Forests

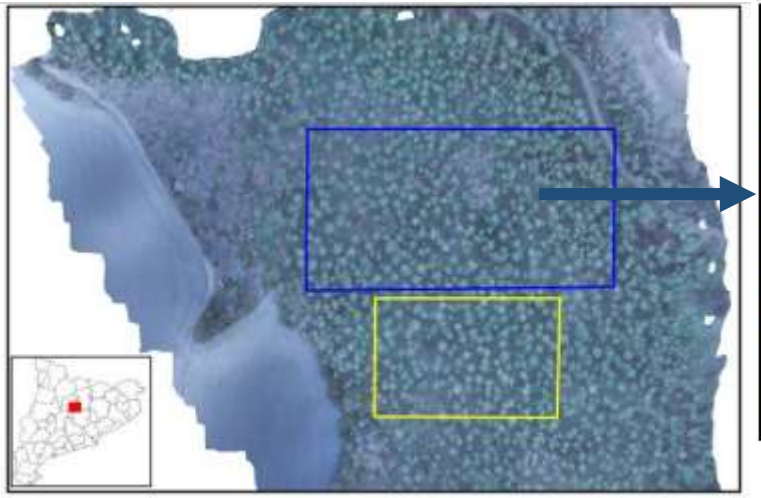
Productes derivats de les ortoimatges: MDS

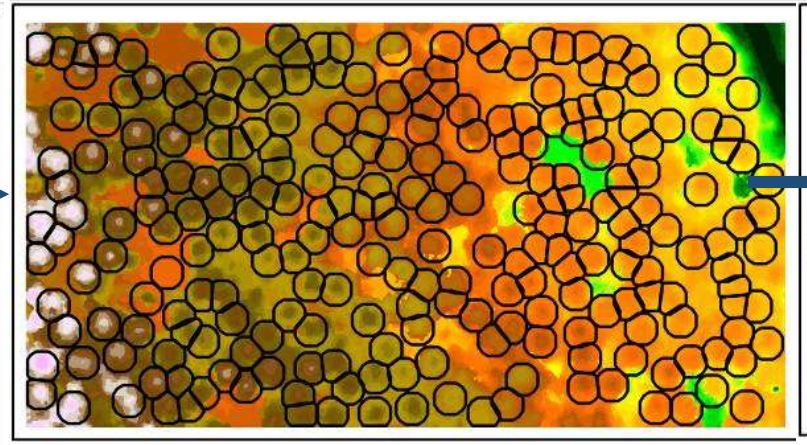


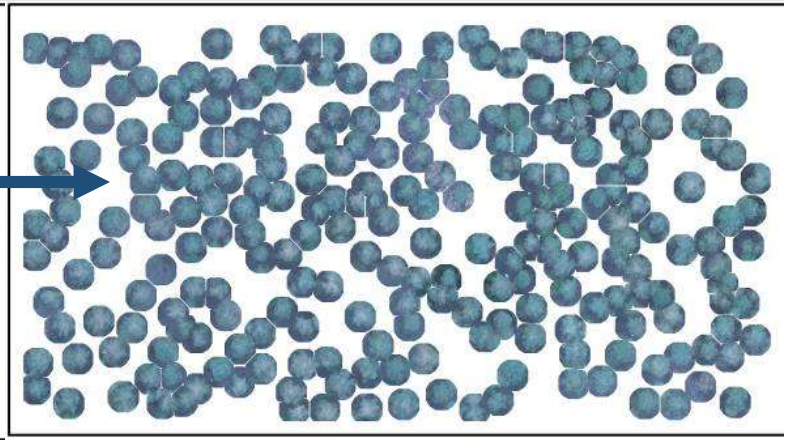








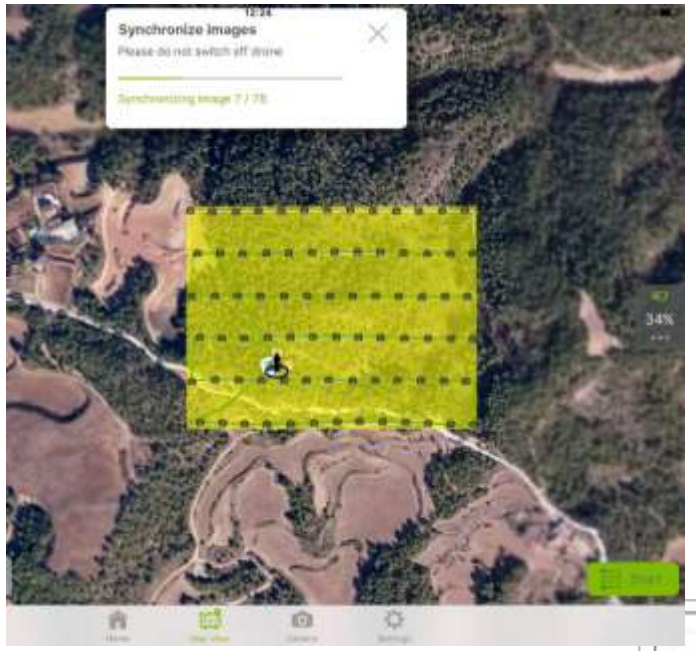


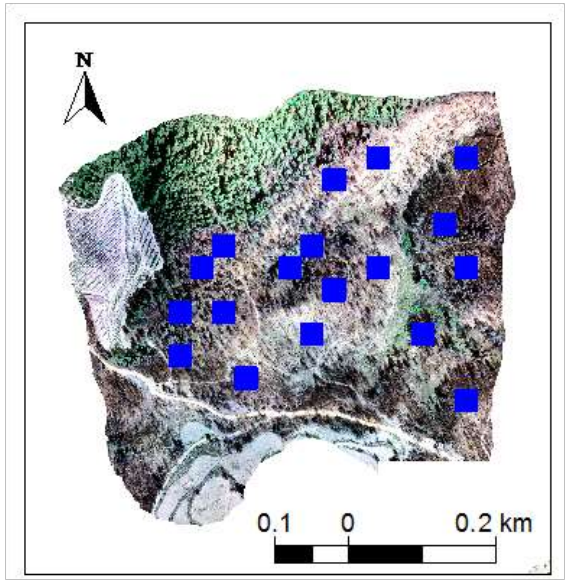


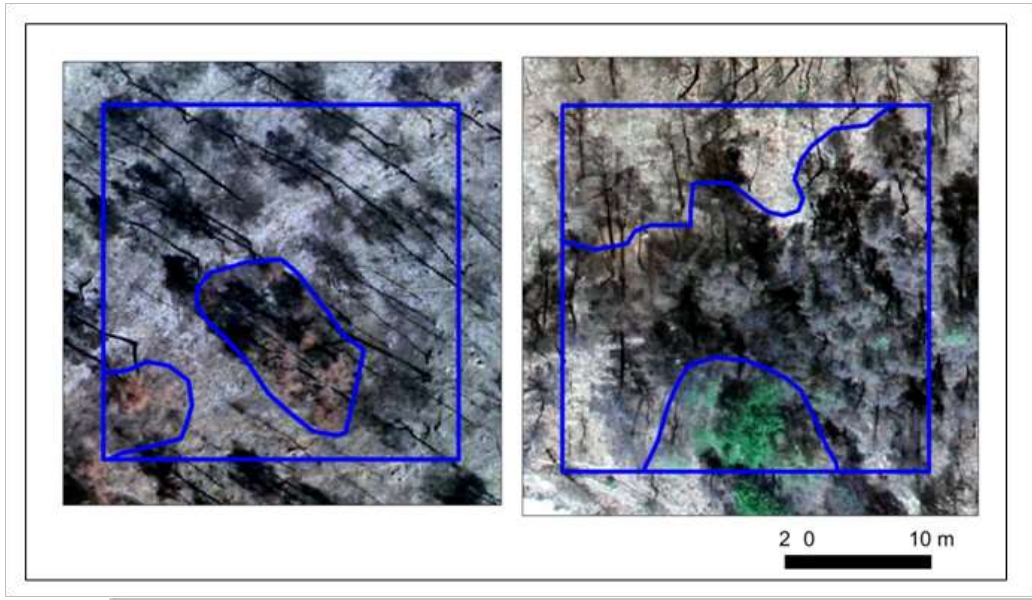
Eines de R per a identificar arbres i capçades: itcSegment, rLidar, etc.

InForest
Science Inspiring
Future Forests

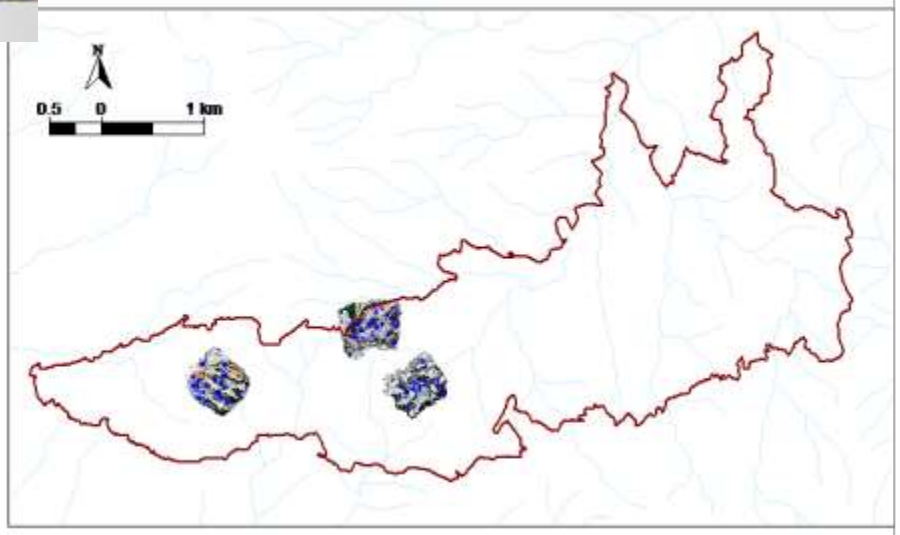
Cas 1: Càlcul de la Severitat d'afectació d'incendis

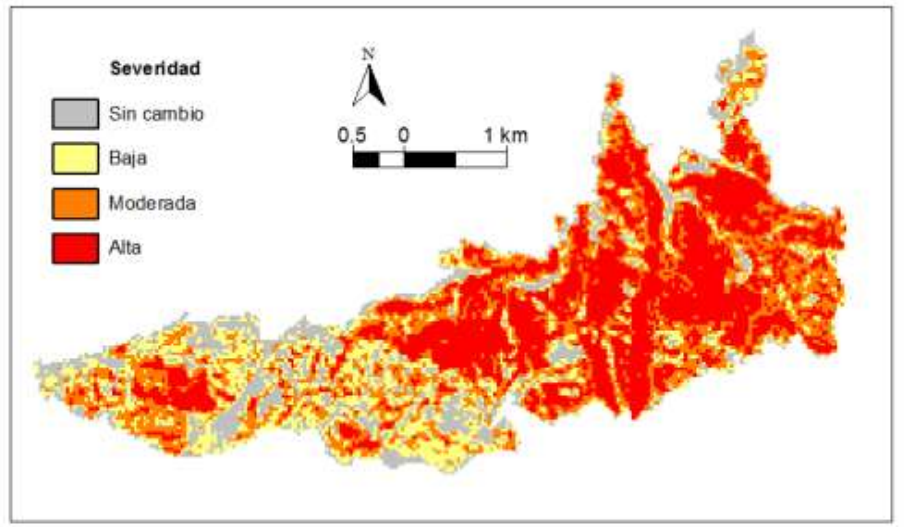






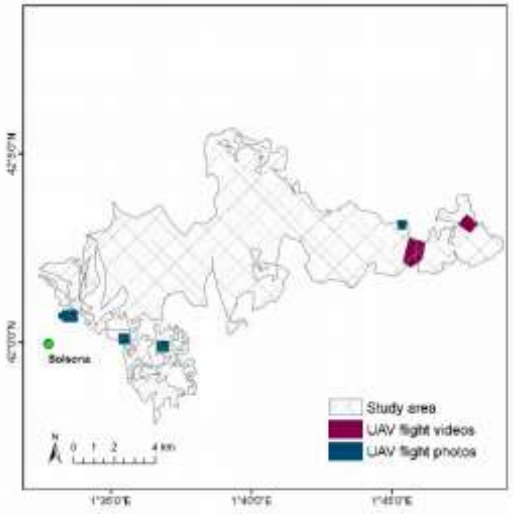
Magda Pla; Andrea Duane, Lluís Brotons. 2016 **Potential of UAV images as ground-truth data for burn severity classification of Landsat imagery: approaches to an useful product for post-fire management**
Revista Asociación Española de Teledetección



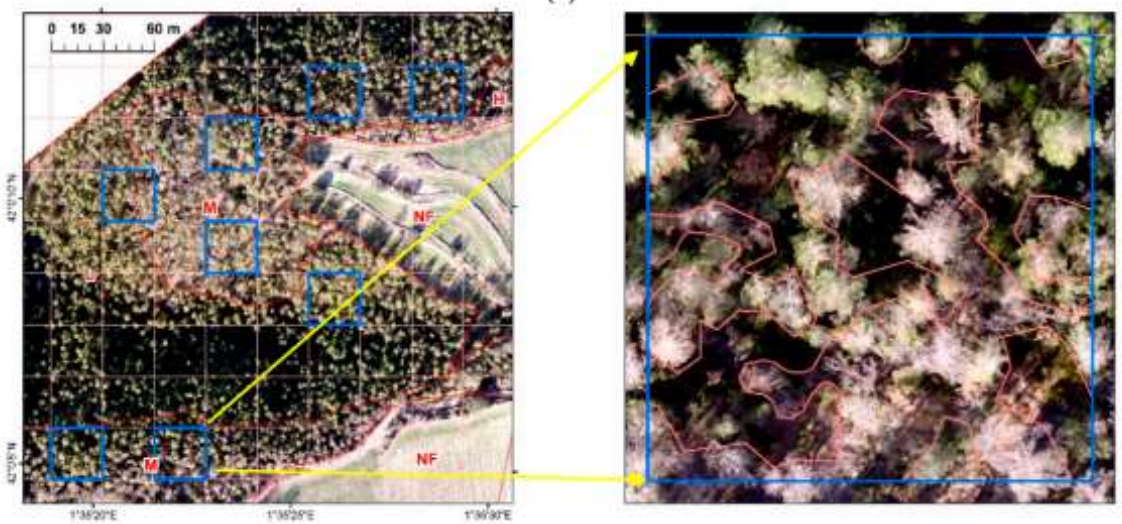


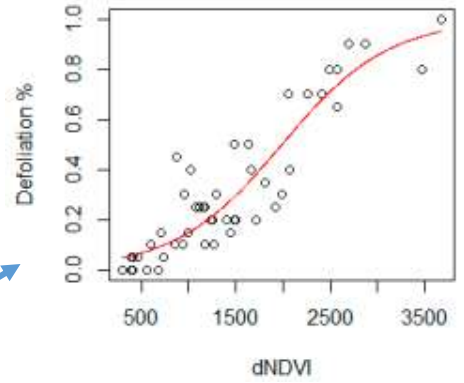
InForest
Science Inspiring Future Forests

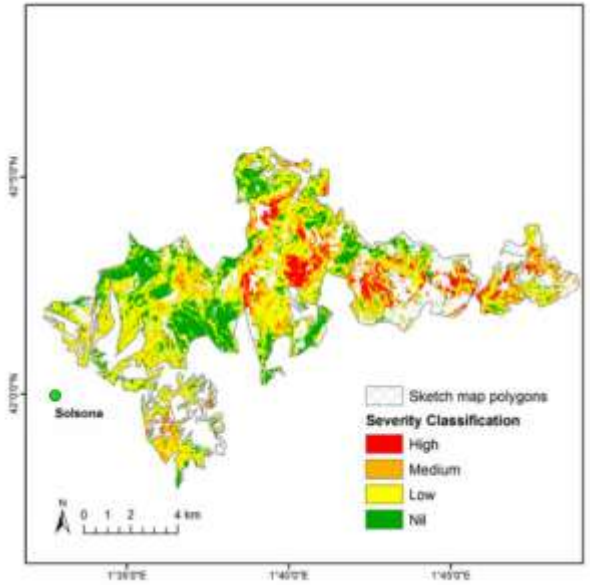
Cas 2. Càlcul de la Severitat d'afectació de processionària



(a)



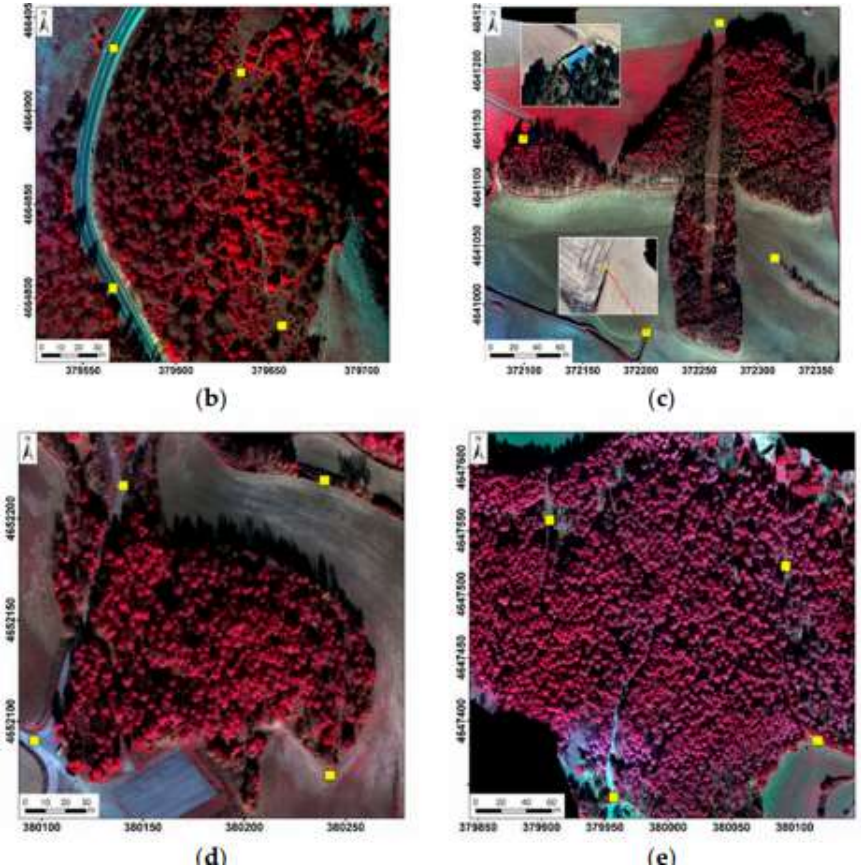


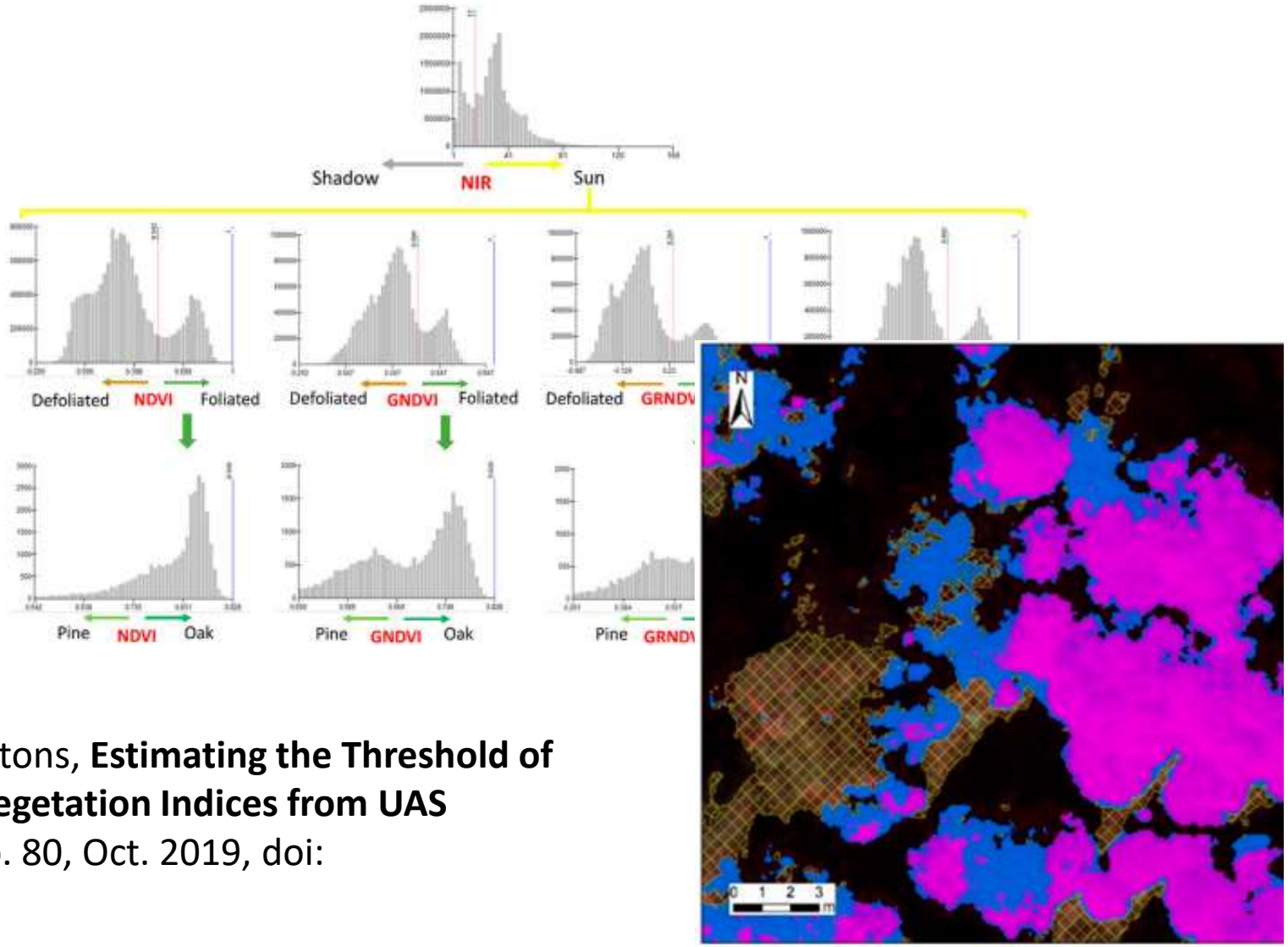


K. Otsu, M. Pla, J. Vayreda, and L. Brotons, **Calibrating the severity of forest defoliation by pine processionary mo th with landsat and UAV imagery.** *Sensors*, vol. 18, no. 10, 2018, doi: 10.3390/s18103278.

InForest
Science Inspiring Future Forests

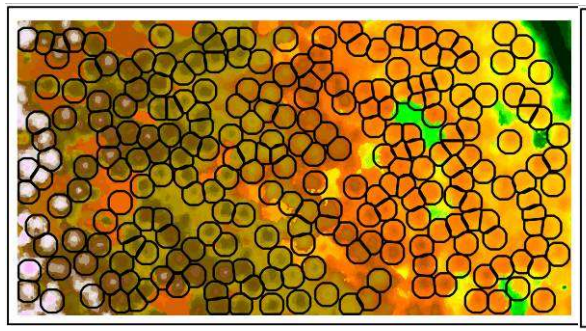
Cas 3. Quantificació defoliació amb imatges multiespectrals

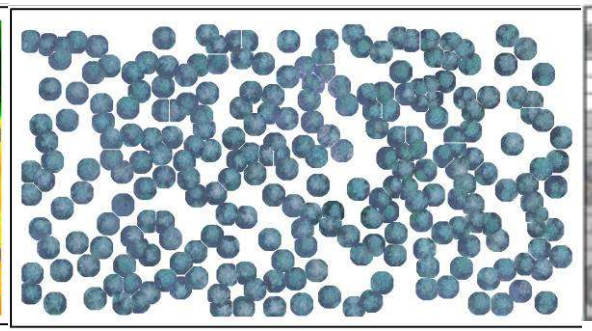


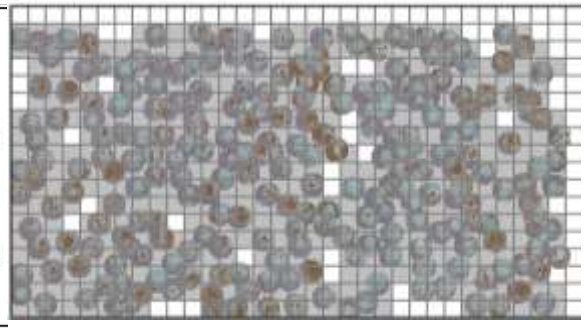


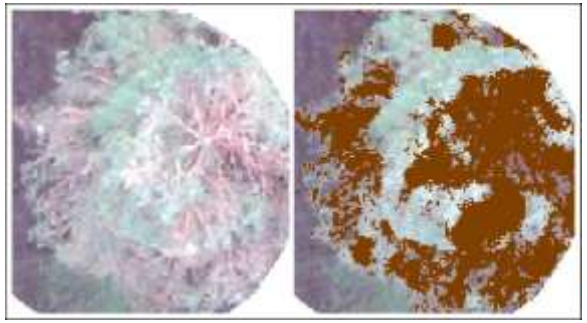
K. Otsu, M. Pla, A. Duane, A. Cardil, and L. Brotons, **Estimating the Threshold of Detection on Tree Crown Defoliation Using Vegetation Indices from UAS Multispectral Imagery**, Drones, vol. 3, no. 4, p. 80, Oct. 2019, doi: 10.3390/drones3040080.

Cas 4. Quantificació defoliació amb Deep Learning

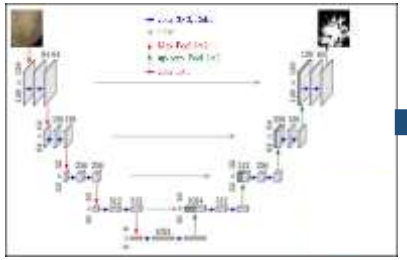


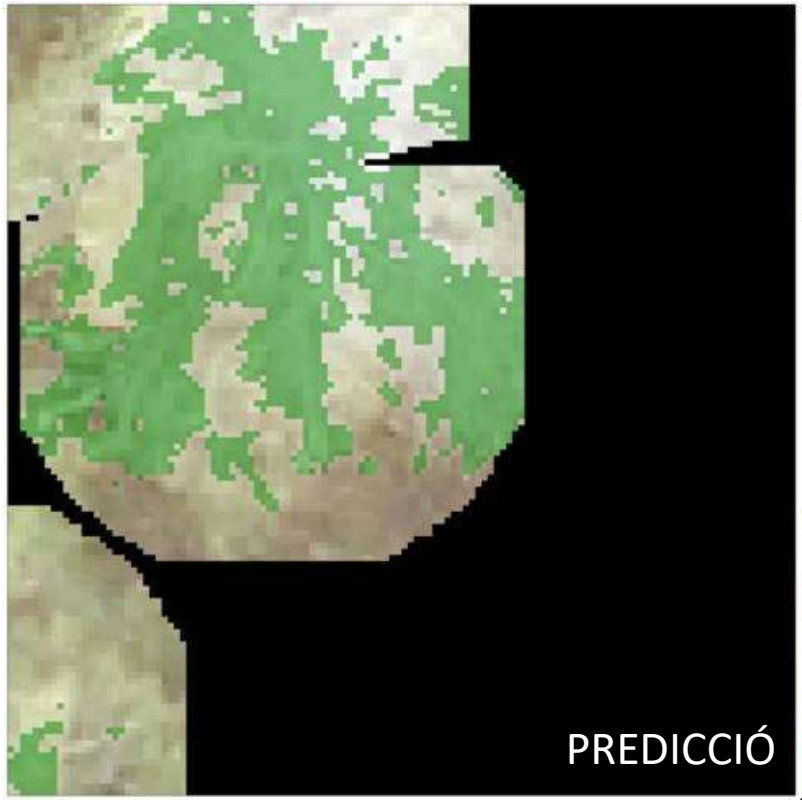


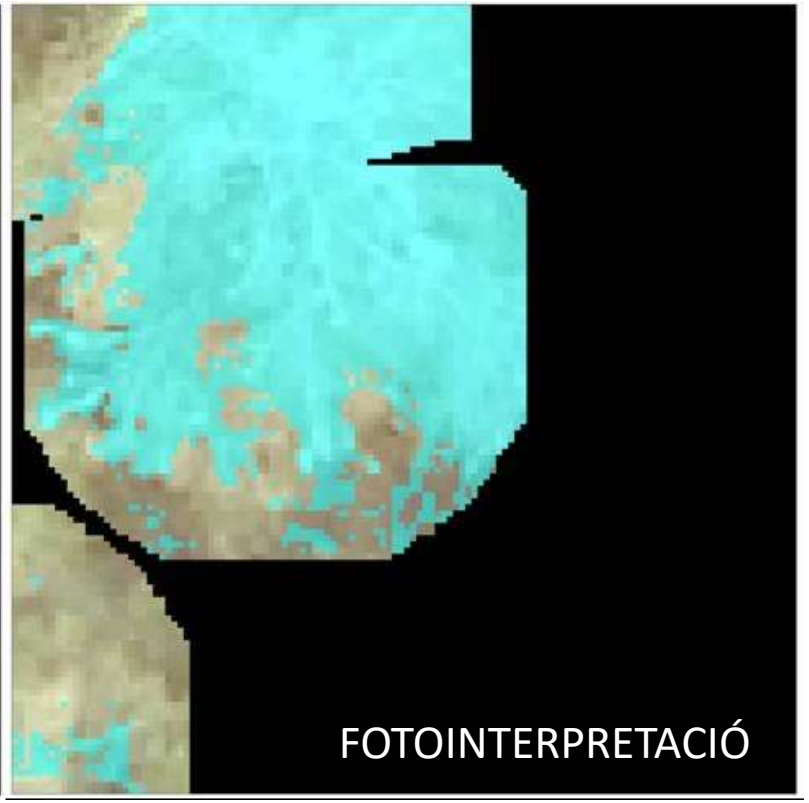




Entrenament
Model
DeepLearning
Supervisiat



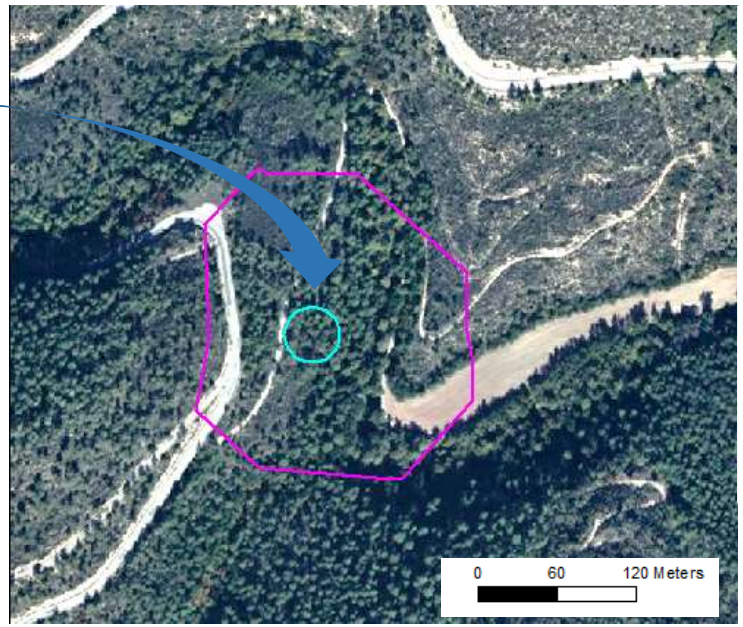


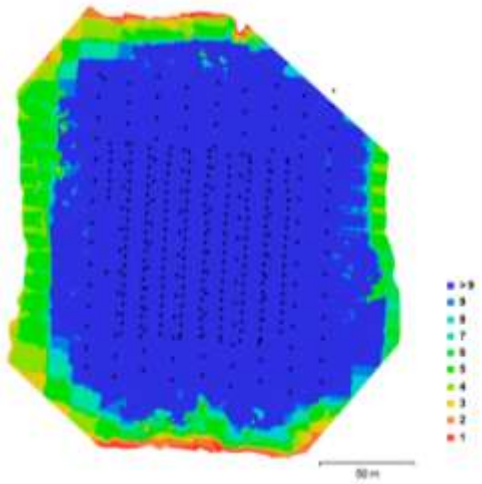


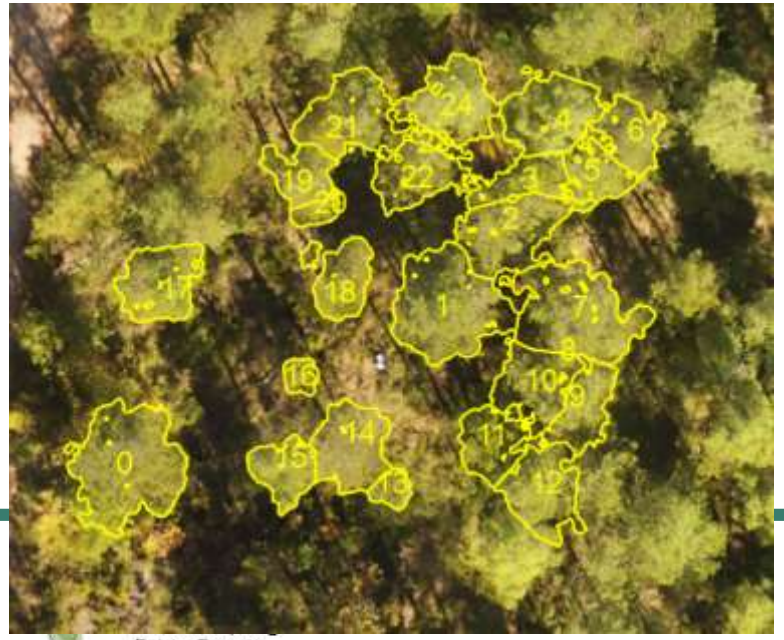
InForest
Science Inspiring
Future Forests

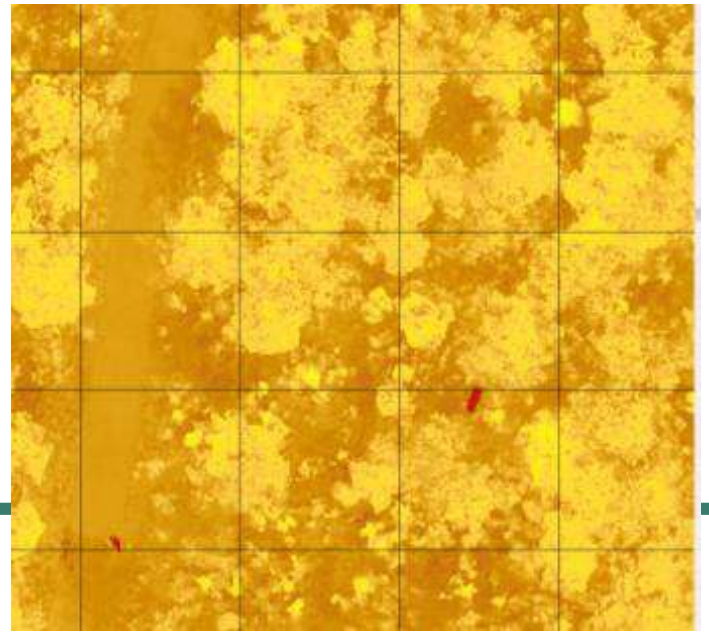
Cas 5: Xarxa de seguiment sanitat vegetal 8x8

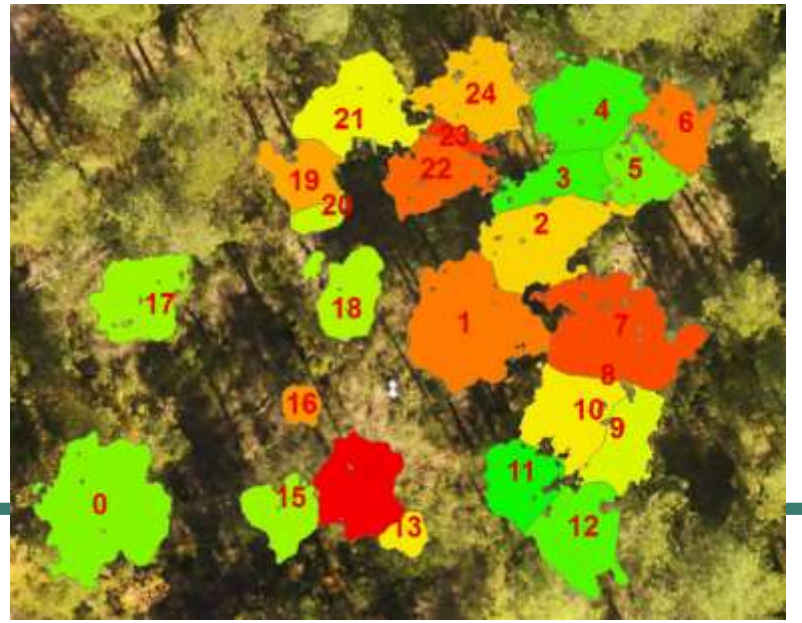












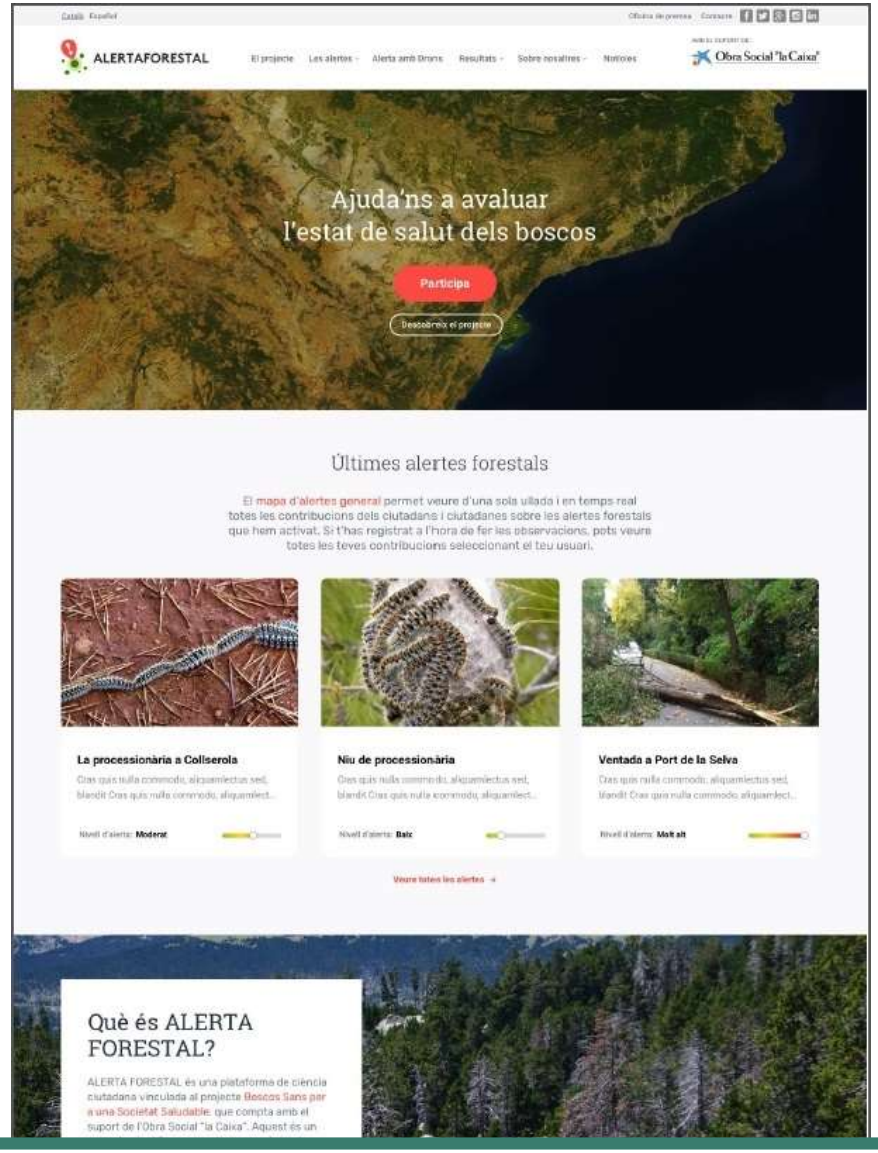
Cas 6: Ciència ciutadana

PLATAFORMA DE CIÈNCIA CIUTADANA

Hem creat una **comunitat ciutadana** que participa en un sistema d'alertes forestals

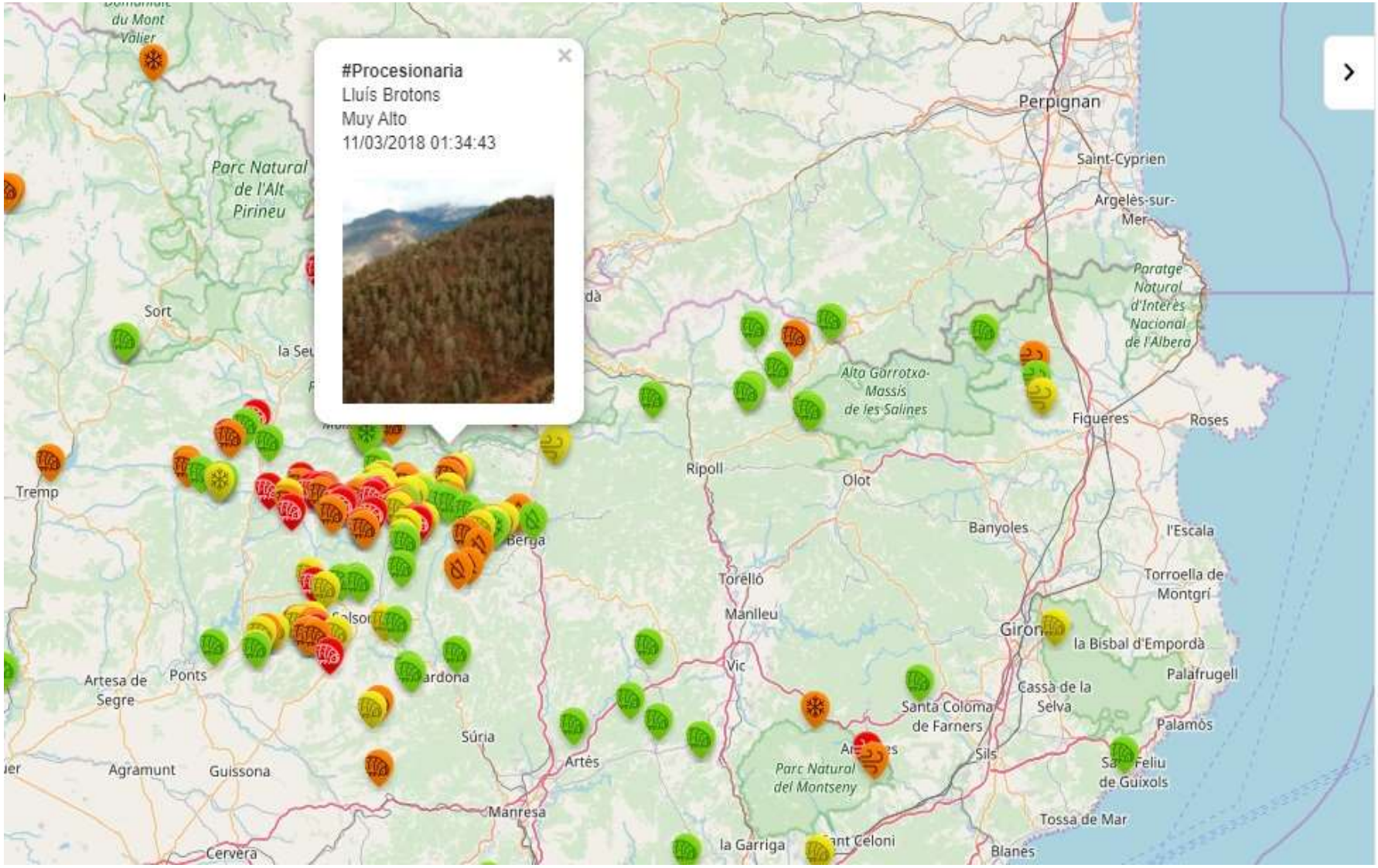
www.alertaforestal.com

ALERTAFORESTAL



InForest
Science Inspiring Future Forests

Cas 6: Ciència ciutadana

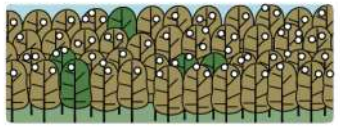


InForest
Science Inspiring Future Forests

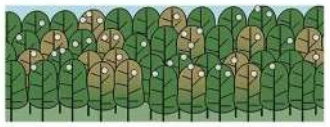


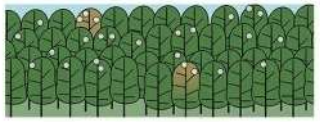


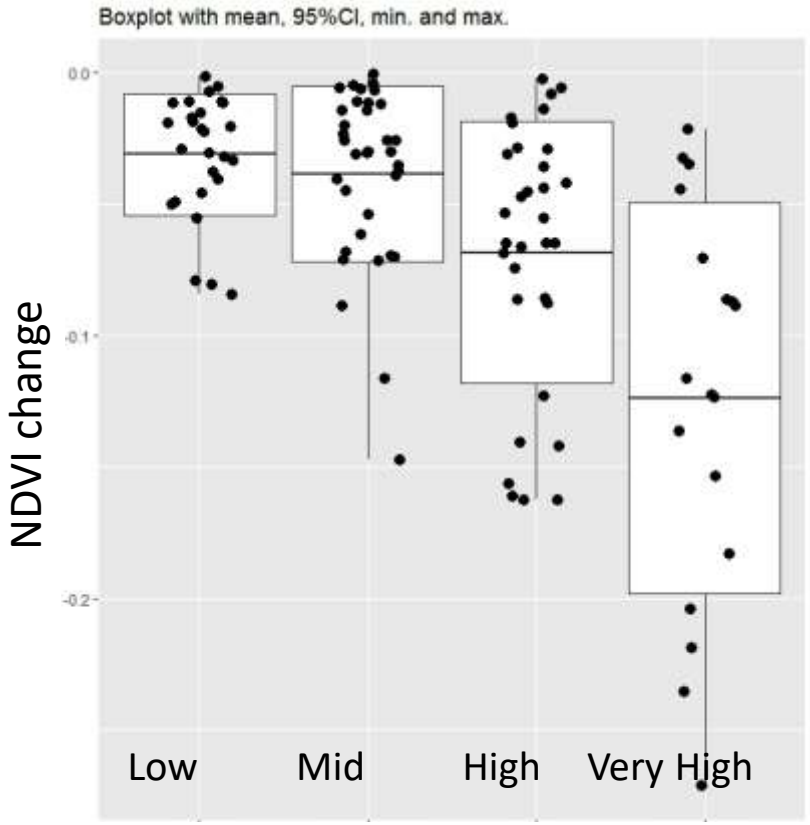
NDVI

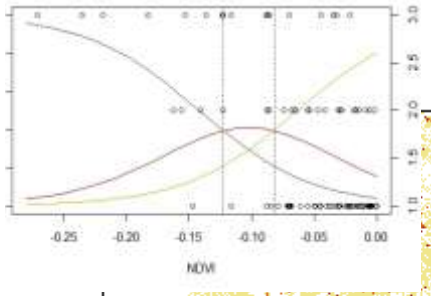

Very High

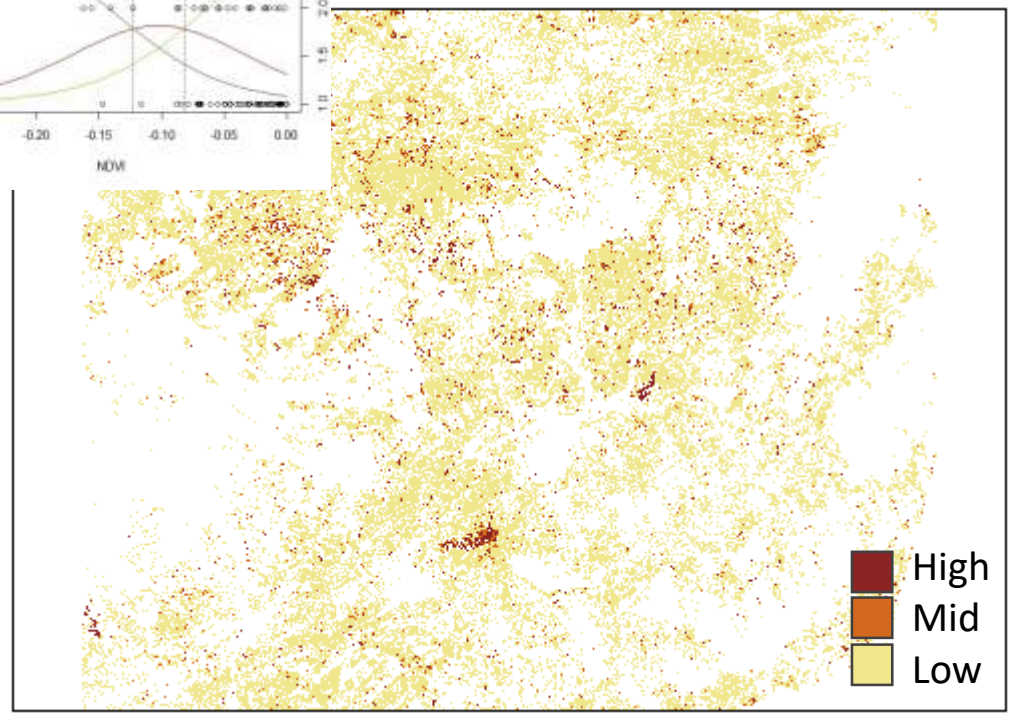

High


Mid


Low







InForest
Science Inspiring Future Forests

FORTALESES

- Ens permet analitzar en detall a nivell d'arbre, branca i més.
- Ofereix una visió "des de dalt", comparable al que es veu des d'un satèl·lit
- Correlacions amb imatges satèl·lit permeten extrapolar la informació captada a grans extensions. És una bona font d'informació Veritat-Terreny
- Les classificacions a partir de punts de tall i també amb Deep Learning mostren bons resultats

RECOMANACIONS

- Definir bé el tipus d'informació a captar en funció dels objectius (fotografia, vídeo, ortoimatge; multiespectral o RGB...)
- Fixar-se en la data del vol més apropiada per a detectar uns fenòmens o altres
- Fixar-se en la hora del vol i condicions meteorològiques → determinen la capacitat de detecció dels fenòmens i comparació entre zones

InForest
Science Inspiring Future Forests

RECOMANACIONS

- Convé aprofundir en les correccions radiomètriques d'imatges multiespectrals alhora de comparar imatges d'una mateixa zona de diferents dates s'han detectat limitacions
- El paisatge a Catalunya és divers, abrupte a vegades, hi ha molts boscos mixtos, etc. tot plegat confereixen una complexitat que convé tenir molt present alhora de definir el tipus de vol a realitzar



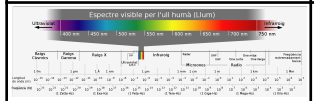
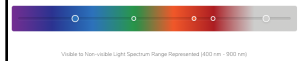
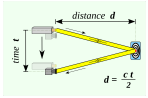
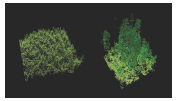
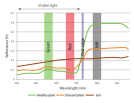
Moltes gràcies

Per contactar amb nosaltres:
arnau.campanera@ctfc.cat

http://inforest.ctfc.cat

InForest
Science Inspiring Future Forests

Drets d'imatge

	Icona feta per "Freepik" de www.flaticon.com
	Icona feta per "Freepik" de www.flaticon.com
	Imatge per "Swiss UAV AG" sota llicència CC-BY-3.0
	Imatge per Zo'lhana sota llicència CC BY-SA 4.0
	Imatge de RedEdge-Mx modificada de https://micasense.com/
	Imatges per cortesia de NASA/JPL-Caltech
	Imatge per RCraig09 sota llicència CC BY-SA 4.0
	Imatge per 'Sarah Frey' sota llicència CC BY-SA 2.0
	Imatge per Sustainable Agriculture Research & Education