



Prova de concepte de transport de mostres biològiques amb dron a la Garrotxa

© Fundació TIC Salut Social

Aquest projecte és fruit de la col·laboració entre l'Àrea d'Atenció Digital Personalitzada de la Fundació TIC Salut Social, el Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació, la Fundació Hospital d'Olot i Comarcal de la Garrotxa, T-Systems, i el BCN Drone Center.

Autors: Nuria Abdón Gimenez, Pau Gallinat Muñoz, Berta Llebot Casajuana

Edició electrònica: Novembre 2024

Aquesta obra està subjecta a una llicència de Reconeixement - No Comercial - Sense Obres Derivades 4.0 de Creative Commons. Se'n permet la reproducció, distribució i comunicació pública sempre que es reconeguin l'autoria i l'editor i no se'n faci un ús comercial. No és permesa la transformació d'aquesta obra per generar una nova obra derivada.



Agraïments

Volem expressar el nostre més sincer agraïment a les entitats que han fet possible la realització d'aquest projecte. La seva valuosa col·laboració i compromís han estat fonamentals per al desenvolupament d'aquest projecte.

En primer lloc, ens agradaria fer referència al Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació, per la confiança i el suport en el desenvolupament del projecte participant activament en el disseny, execució i avaluació.

Seguidament, a la Fundació Olot i Hospital Comarcal de la Garrotxa, especialment als seus professionals, per la seva participació en la identificació de necessitats i el suport en l'execució del projecte i l'anàlisi dels resultats.

Finalment, a T-Systems i BCN Drone Center, per la feina realitzada pel suport tecnològic que ens ha facilitat portar a terme l'operativa de vol i disposar d'un dron amb les capacitats tecnològiques requerides per l'execució del projecte.

Contacte

Bústia de correu:

adp@ticsalutsocial.cat

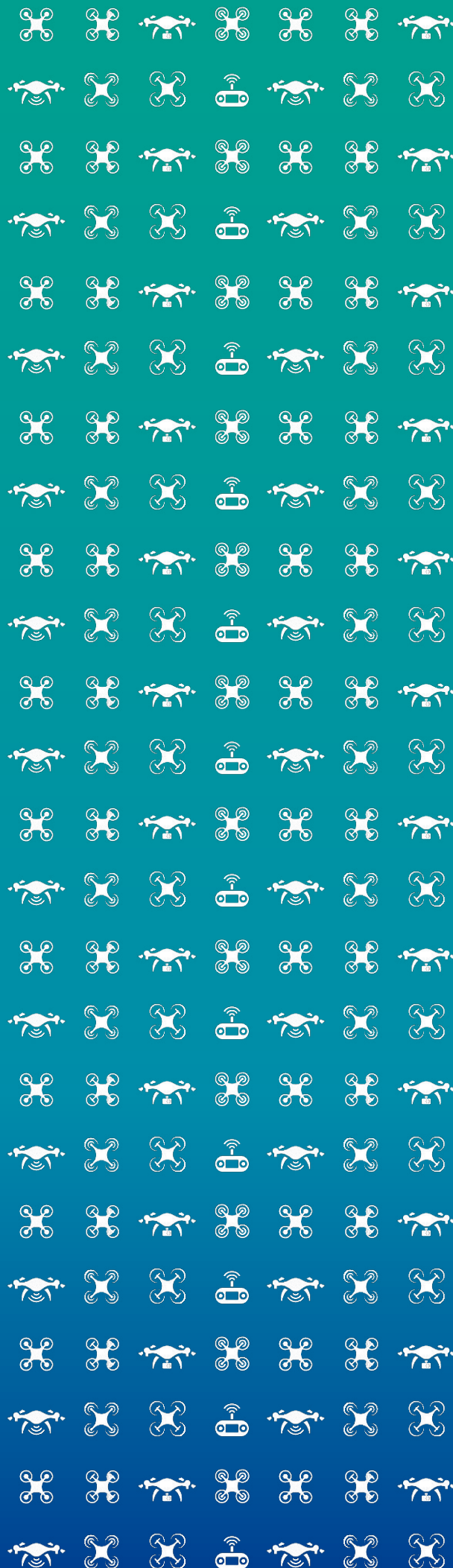
Telèfon:

+34 935 532 642

Responsable Àrea Atenció

Digital Personalitzada:

Núria Abdón Gimenez



ÍNDEX



1.	Introducció	6
2.	Context teòric	11
3.	Estat de l'art	13
4.	Metodologia	16
5.	Pilotatge	31
6.	Avaluació de resultats	33
7.	Discussió	46
8.	Conclusions	49
9.	Referències	51



Índex de figures

Figura 1. Workflow del projecte	10
Figura 2. Comarca de la Garrotxa. (1. Hospital d'Olot - 2. CAP Vall d'en Bas)	18
Figura 3. Captura de Google Maps dels centres seleccionats de la comarca de la Garrotxa i la Vall d'en Bas	19
Figura 4. Mapa municipal de Sant Esteve d'en Bas i CAP Vall d'en Bas (cercle vermell). (6)	19
Figura 5. Dron eVTOL utilitzat per al projecte, juntament amb la seva base.	20
Figura 6. Centres seleccionats per al pilotatge (captura de pantalla de Google Maps)	22
Figura 7. Zona de vol des del CAP Vall d'en Bas (en verd) fins a l'Hospital d'Olot (en blau)	23
Figura 8. Zona de vol dins el Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa	23
Figura 9. Zona d'aterratge del dron a l'Hospital d'Olot	24
Figura 10. Flux assistencial al CAP Vall d'en Bas	24
Figura 11. Flux assistencial a l'Hospital d'Olot	25
Figura 12. Dimensions dels indicadors	26
Figura 13. Rutes per carretera entre el CAP de Sant Esteve d'en Bas i l'Hospital d'Olot	29
Figura 14. Nombre i tipus de mostres biològiques transportades amb dron	34
Figura 15. Nombre de mostres transportades amb dron i furgoneta	35
Figura 16. Puntuació SUS	37
Figura 17. Resultats Escala SUS usabilitat	38
Figura 18. Resultats Escala SUS competències professionals	38
Figura 19. Resultats Escala SUS preguntes procés	39
Figura 20. Resultats Escala SUS pregunta seguretat d'ús	39
Figura 21. Bland-Altman de l'índex d'hemòlisi, resultats dron respecte furgoneta	41
Figura 22. Bland-Altman de la concentració de potassi, resultats dron respecte furgoneta	42
Figura 23. Bland-Altman de la concentració de LDH, resultats dron respecte furgoneta	42
Figura 24. Bland-Altman de la concentració de glucosa, resultats dron respecte furgoneta	43
Figura 25. Correlació de les diferències de la concentració de potassi respecte de l'índex d'hemòlisi	44
Figura 26. Correlació de les diferències de la concentració d'LDH respecte de l'índex d'hemòlisi	44
Figura 27. Correlació de les diferències de la concentració de glucosa respecte de l'índex d'hemòlisi	44
Figura 28. Distribució de costos del servei de transport amb dron del projecte	45

Índex de taules

Taula 1. Condicions meteorològiques a la Vall d'en Bas en les franges horàries d'operació	32
Taula 2. Meteorologia Estació d'Olot durant les franges horàries d'operació	32
Taula 3. Hores de transport amb dron i furgoneta	36
Taula 4. Temps de transport amb dron i furgoneta	36
Taula 5. Mitjana i desviació típica de cada variable de laboratori per totes les mostres transportades amb dron i furgoneta, diferència i percentatge de la diferència	40

1. Introducció



1.1. Motivació



1.2. Objectius



1.3. Abast



1.4. Fases del projecte

Els drons s'han convertit en una eina innovadora en el camp de la salut, facilitant una distribució ràpida i eficient de medicaments, vacunes, mostres i equipament entre els diferents actors de l'ecosistema de salut. A més, aquests dispositius permeten la provisió de recursos i la supervisió aèria en emergències, gràcies a la facilitat d'accés a zones rurals o zones urbanes congestionades. El seu ús està revolucionant la manera com s'accedeix i es proporciona assistència mèdica arreu del món.

Un **dron** és un vehicle aeri no tripulat que es pot pilotar a distància o volar de forma autònoma, i que obeeix les ordres d'un programa informàtic. Inicialment usats en àmbits militars, actualment els drons tenen aplicacions en diverses àrees, com la **fotografia, l'agricultura, el transport i la salut**. Els drons estan equipats amb càmeres, sensors o altres tecnologies per recollir dades o dur a terme tasques específiques. Gràcies a la seva versatilitat, s'han popularitzat tant en l'ús comercial com recreatiu.

El febrer de 2023 la **Fundació TIC Salut Social** va rebre l'encàrrec de la Comissió d'Innovació del Departament de Salut per dissenyar i modelar la integració de drons al sistema sanitari català. Des de llavors s'han dut a terme diverses accions. S'ha constituït un **grup de treball** (amb la participació de les patronals de salut, entitats sanitàries, el Sistema d'Emergències Mèdiques (SEM), i experts en TIC i tecnologia dron), s'ha elaborat una **infografia explicativa** (1) **de com utilitzar els drons en l'àmbit sanitari**, i s'ha redactat un **informe d'integració de drons a Salut** (2) en què s'exposen els principals punts per integrar aquesta tecnologia a l'entorn salut.

Una de les tasques assignades és la **identificació de projectes amb tecnologia dron aplicable a la salut**. La Fundació TIC Salut Social ha generat un espai que permet la cerca de projectes al territori català, identificant necessitats per un posterior disseny i execució de projectes. La prova de **concepte de transport de mostres biològiques amb dron a la Garrotxa** s'emmarca dins d'aquest encàrrec. El projecte consisteix en una prova de concepte (PoC) de transport de mostres biològiques des del Centre d'Atenció Primària (CAP) Vall d'en Bas al laboratori d'anàlisi de la Fundació Hospital d'Olot i Comarcal de la Garrotxa.

En aquest document es presenten els **resultats obtinguts** amb l'execució del projecte, impulsat per l'àrea d'innovació del Centre de Telecomunicacions i Tecnologies de la Informació (CTTI-Innovació) i la Fundació TIC Salut Social, i que ha comptat amb la participació de la Fundació Hospital d'Olot i Hospital Comarcal de la Garrotxa i el BCN Drone Center.

1.1. Motivació

Al sistema sanitari català, el transport de mostres biològiques des de les Àrees Bàsiques de Salut (ABS) als laboratoris d'anàlisi dels centres hospitalaris o de referència s'integra dins de l'àmbit logístic, el transport es realitza amb furgoneta per carretera i, generalment, amb una única recollida i lliurament al matí.

A les **ABS de zones rurals** tenen diverses dificultats logístiques, ja que a vegades tenen **poca connectivitat i accessibilitat limitada**, i el transport es realitza per carreteres amb molts revolts, fet que augmenta notablement el temps de transport i pot augmentar l'hemòlisi de les mostres. **L'hemòlisi o ruptura dels glòbuls vermells**

provoca l'alliberació dels seus continguts (potassi, LDH...) al plasma sanguini i, per tant, eleva els nivells d'aquestes variables, **que poden sortir alterades en l'anàlisi de laboratori.**

El mateix pot passar amb un temps de transport massa elevat (pel temps que passa entre l'extracció de la mostra i la seva anàlisi): **els nivells de glucosa i l'LDH**, entre d'altres, **poden veure's alterats**. Tot i que en molts casos l'índex d'hemòlisi que s'assoleix per carretera, així com el temps de transport, no són prou elevats per obtenir alteracions rellevants al laboratori, l'òptim és intentar reduir-los al màxim.

La integració dels drons dins el procés assistencial es planteja **com una eina que permetrà millorar l'eficiència** d'aquest transport, reduint el temps de transport — ja que pot desplaçar-se en línia recta —, augmentant-ne la **qualitat i estabilitat** i, si es considera convenient, augmentant-ne la freqüència respecte del transport actual. **Aquestes millores en conjunt poden permetre no sols agilitzar la cadena logística, sinó també millorar la qualitat de les mostres en minimitzar el temps entre la recollida i l'anàlisi.**



1.2. Objectius

Aquest projecte pretén **avaluar la utilitat dels drons com a mètode per al transport de mostres biològiques** entre centres d'atenció primària i centres hospitalaris i, així, establir les bases per a una implementació més àmplia i efectiva d'aquesta tecnologia dins del sistema sanitari català, amb l'objectiu de millorar l'eficiència i la qualitat dels

serveis en un futur pròxim.

Per això, aquest projecte s'ha centrat en la realització d'una **prova de concepte de transport de mostres biològiques amb drons, i l'avaluació dels resultats en comparació amb el transport simultani amb furgoneta**.

Aquesta prova ha de permetre avançar en la definició d'un model operatiu i de gestió escalable al sistema sanitari català.

Per valorar la utilitat dels drons, tant pel que fa als aspectes assistencials com als operatius de la ruta, s'han definit els **següents objectius secundaris del projecte**:



Comparar els temps de transport i avaluar el flux assistencial dels centres implicats per al transport amb dron i furgoneta.



Avaluar l'impacte del transport amb dron en la qualitat de les mostres, controlant les condicions de transport (temperatura, grau d'agitació) i comparant els valors obtinguts al laboratori (grau d'hemòlisi, concentracions de potassi i glucosa, i nivell de lactat deshidrogenasa) respecte del transport amb furgoneta.



Avaluar els costos i l'impacte mediambiental del transport amb dron en comparació amb el transport amb furgoneta, incloent-hi el cost del personal implicat en l'operativa, equipament i petjada de carboni.

1.3. Abast

El disseny i desplegament de la prova de concepte de transport de mostres biològiques s'ha realitzat **a la zona de la Garrotxa**, dins de la regió sanitària de Girona. El projecte s'ha definit mitjançant una anàlisi exhaustiva de les **necessitats sanitàries, tècniques i operatives** per dissenyar un procés adequat d'integració de drons en el transport. Això inclou identificar els recursos requerits, els professionals que han de participar i determinar el tipus de dron necessari per a cada cas d'ús i cada entorn assistencials.

La prova de concepte s'ha realitzat entre la Fundació Hospital d'Olot i Comarcal de la Garrotxa (d'ara endavant, Hospital d'Olot) i el CAP Vall d'en Bas, ubicat a Sant Esteve d'en Bas, que es troba dins de l'àrea d'influència de l'Hospital. S'han exclòs de la prova altres centres de l'àrea d'influència de l'hospital, així com els centres d'altres entitats proveïdores.

El projecte s'ha centrat en el transport de mostres de sang. Queda fora de l'abast del projecte el transport logístic d'altres mostres

biològiques o recursos com equipament mèdic, així com el transport imminent (no programat) de mostres i recursos.

S'ha definit el transport amb dron de diferents tipus de mostres biològiques (sèrum o sang, sèrum de 30', sèrum de 60', EDTA, citrat, equilibri venós, VSG, femta i orina espontània i orina de 24 hores), més concretament, **les extremitats als pacients participants**.

Queda fora de l'abast del projecte el transport logístic d'altres recursos com equipament mèdic, així com el transport imminent (no programat) de mostres i recursos.

La comparativa de transport s'ha realitzat amb les mostres de sang,

per la qual **s'ha extret un tub extra de sang a cada pacient per a transportar-lo en furgoneta amb la pràctica habitual** i, així, comparar els resultats amb ambdós transports.

Finalment, s'ha definit una **durada de la prova de concepte de dues**

setmanes, durant les quals s'ha realitzat el transport programat amb dron de les mostres biològiques extretes a pacients del CAP Vall d'en Bas fins al laboratori de l'Hospital d'Olot.



1.4. Fases del projecte

L'execució del projecte s'ha realitzat en les següents etapes:



Figura 1. Workflow del projecte.

Primerament, s'han identificat els **requeriments del projecte**, incloent-hi l'anàlisi de l'entorn de pilotatge, el dron a utilitzar i l'embalatge adequat per al transport de mostres.

Seguidament, s'ha realitzat el **disseny del pilotatge**, en què s'ha definit l'operativa de vol, el flux assistencial de les mostres al CAP i a l'hospital

i els indicadors que s'han recollit durant el pilotatge. A continuació, s'ha definit **el model d'avaluació dels indicadors**.

Després s'ha executat la **fase de pilotatge i recollida de dades** i, finalment, **l'anàlisi i interpretació dels resultats** a partir dels indicadors definits. L'última fase és

la **comunicació dels resultats** del projecte.

Al llarg de tot el projecte s'han fet reunions i sessions de treball amb tots els membres col·laboradors, que han permès executar cada una de les etapes de forma col·laborativa i amb previ acord de totes les parts.

2. Context teòric

L'ús de drons en l'àmbit de la salut és una **innovació tecnològica** amb gran potencial per millorar l'accés als serveis mèdics. Un dron és un vehicle aeri no tripulat (VANT) (unmanned/crewed aerial vehicle, UAV, en anglès) que es pot pilotar a distància o volar de forma autònoma, obeint les ordres d'un programa informàtic. El terme dron és un neologisme de l'anglès drone, i només fa referència a l'aeronau (2).

Per implementar una **operativa eficient** amb sistemes d'aeronaus no tripulades en l'àmbit de la salut, cal seguir una sèrie de passos que garanteixin **la seguretat, l'eficàcia i la fiabilitat del servei**. Aquesta operativa inclou la planificació, el compliment de les regulacions, la preparació del dron i dels materials mèdics, i la coordinació amb els equips de salut per a una resposta precisa i adequada.

El terme amb què s'anomena al sistema necessari per a l'operació és **uncrewed aerial system (UAS)** o sistema aeri no tripulat, i inclou el dron i el conjunt d'equipament i infraestructures format per l'aeronau, el radioenllaç i la infraestructura terrestre (antenes i estació de terra) (2).

A Espanya, l'ús de drons ha experimentat un notable increment en els últims anys. En finalitzar l'any 2023 hi havia registrats més de 94.000 operadors de drons, la qual cosa representa un augment del 32% respecte a l'any anterior. Aquesta expansió es deu, en gran part, a la implementació de la **nova normativa europea que regula l'ús de drons**, vigent des de gener de 2021. Aquest marc legal ha facilitat una major flexibilitat, i ha incentivat tant el registre d'operadors recreatius com el desenvolupament d'operacions més complexes, que es poden dur a terme més fàcilment en zones rurals (3). Està conformat per dues regulacions principals (2):

- **Reglament d'Execució (UE) 2019/947 de la Comissió**, de 24 de maig de 2019, relatiu a les normes i procediments aplicables a la utilització d'aeronaus no tripulades. Aquest reglament defineix els requisits mínims i aspectes clau per a poder operar drons a Europa.

- **Reglament Delegat (UE) 2019/945 de la Comissió**, de 12 de març de 2019, sobre els sistemes d'aeronaus no tripulades i els operadors de tercers països de sistemes d'aeronaus no tripulades. Aquest reglament proporciona els requisits tècnics específics dels drons a Europa.

A més, els Reglaments d'Execució (UE) 2021/664, 2021/665 i 2021/666, que regulen l'U-Space.

El concepte d'U-Space fa referència a tot el conjunt de sistemes, serveis i procediments específics dissenyats per permetre l'accés segur, eficient i assequible a l'espai aeri de les operacions de UAS (4).

Per a més informació sobre els drons i el seu context, podeu consultar l'[Informe d'integració de drons a l'entorn de salut \(2\)](#), publicat a la web de la Fundació TIC Salut Social.

3. Estat de l'art



3.1. Experiències al Sistema Sanitari Català



3.2. Altres experiències

L'estat de l'art en projectes de drons aplicats a l'àmbit sanitari reflecteix una evolució tecnològica i operativa accelerada en els últims anys, impulsada per les necessitats de millorar l'eficiència i l'accessibilitat dels serveis de salut.

Els projectes destaquen per la **col·laboració entre institucions públiques, empreses tecnològiques i organitzacions sanitàries**, que desenvolupen models d'ús de drons amb l'objectiu de crear sistemes de transport autònoms, segurs i eficients.



3.1. Experiències al sistema sanitari català

En una iniciativa liderada per l'Hospital d'Olot, el 3 de maig de 2023 es va realitzar amb èxit una **prova pilot d'un dia** per a transportar mostres biològiques mitjançant un dron des d'un centre d'atenció primària a l'Hospital d'Olot (5). L'objectiu era validar si era

possible realitzar el transport, i que les mostres arribessin en un bon estat.

Els **resultats van ser satisfactoris**, que es van obtenir a partir de reduir el temps de transport en un **43%**, mantenir la qualitat del transport pel

que fa a la temperatura i agitació i disminuir les emissions de CO₂ en un **80,4%**. Aquesta prova va obrir les portes a realitzar una prova de concepte més llarga per a valorar amb més detall l'eficiència i utilitat d'aquest transport.

3.2. Altres experiències

A escala nacional i europea s'han desenvolupat **diverses proves** que involucren el transport de mostres biològiques en dron. Algunes d'aquestes són el transport de mostres crítiques el 2020, des de 13 centres mèdics i hospitals fins a un laboratori d'anàlisi a Berlín. El 2023 l'Oficina Federal d'Aviació Alemanya va autoritzar la seva plataforma

d'entrega de drons per a vols més enllà de la línia visual (2).

Un altre exemple exitós és la implantació a Ruanda d'un procediment de lliurament de sang en dron. Aquest circuit assistencial permet als professionals dels centres sol·licitar amb un missatge de text per telèfon mòbil l'enviament de sang des

del centre nacional de transfusions (2).

Per a més informació sobre experiències de drons en salut **arreu del món** podeu consultar l'[*Informe d'integració de drons a l'entorn de salut*](#) (2), elaborat per la Fundació TIC Salut Social.



4. Metodologia



4.1. Anàlisi dels requeriments

4.1.1. Característiques de l'entorn

4.1.2. Tipologia de dron

4.1.3. Transport de mostres biològiques



4.2. Disseny del pilotatge

4.2.1. Operativa de vol

4.2.2. Flux assistencial

4.2.3. Indicadors



4.3. Model d'avaluació

4.3.1. Logística

4.3.2. Usabilitat

4.3.3. Qualitat de les mostres

4.3.4. Impacte econòmic i ambiental

La metodologia per al desenvolupament i implementació del projecte inclou una sèrie de fases estructurades per garantir que el projecte sigui **viable, segur i adequat** a les necessitats específiques identificades. Aquesta metodologia cobreix l'anàlisi dels requeriments necessaris, el disseny del pilotatge i el model d'avaluació, amb **l'objectiu de garantir el correcte desplegament de la ruta de transport i una valoració precisa dels resultats obtinguts durant el projecte.**



4.1. Anàlisi dels requeriments

Es van analitzar les característiques de l'entorn dels centres de pilotatge,

el tipus de dron adequat i els requeriments necessaris per poder

transportar i analitzar de forma correcta les mostres de sang.

4.1.1. Característiques de l'entorn

Les característiques de l'entorn es van estudiar en **dos fases**: primer es va analitzar la zona de l'Hospital d'Olot, i després l'entorn de la Vall d'en Bas, on s'ubica el CAP Vall d'en Bas.

L'Hospital d'Olot i Comarcal de la Garrotxa es troba a la ciutat d'Olot, capital de la comarca de la Garrotxa, a la província de Girona, Catalunya. L'hospital està situat a les afores de la ciutat, al barri de Sant Jaume, en una zona accessible però allunyada del nucli urbà, cosa que permet un entorn més tranquil i menys congestionat,

afavorint l'accessibilitat tant per als pacients com per als vehicles d'emergència.

L'entorn de l'hospital es caracteritza per la proximitat al Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, una regió coneguda pels seus paisatges volcànics i la seva riquesa natural. Aquesta ubicació ofereix un entorn verd i natural als voltants de l'hospital, amb vistes als volcans de Santa Margarida i Croscat, i proporciona als pacients i treballadors un entorn visualment agradable i saludable.

Logísticament, l'Hospital d'Olot està ben comunicat per carretera, amb connexions a l'autovia C-37 i la carretera N-260, facilitant l'accés tant des de la mateixa ciutat d'Olot com des de poblacions properes. Aquesta ubicació resulta estratègica per oferir serveis sanitaris no només a la ciutat d'Olot, sinó també a altres municipis de la Garrotxa, cobrant especial importància en l'atenció a zones rurals i de difícil accés on els drons podrien tenir un gran impacte en termes de **transport mèdic ràpid i eficient**.



Figura 2. Comarca de la Garrotxa. (1. Hospital d'Olot - 2. CAP Vall d'en Bas)

El **CAP Vall d'en Bas** s'emmarca dins de la vall, que rep el mateix nom. La Vall d'en Bas té una orientació sud-nord, des del Coll d'Uria a l'extrem sud, seguint la direcció marcada per la C-153 fins al Polígon Industrial La Serra i paral·lel al riu fluvià fins al Mallol, fins a la Pinya, arribant al seu extrem nord a la bifurcació on es troben les carreteres direcció a Riudaura a l'oest i direcció Olot cap a l'est.

El seu flanc est voreja el Parc Natural dels Volcans de la Garrotxa al llarg de la serra del Corb, el volcà del Racó, el parc de la Pedra Tosca i les riberes del Fluvià i el Riudaura. Per altra banda, la seva zona occidental limita al sud amb la serra dels Llancers i el Puigsacalm.

Entre aquests dos accidents geogràfics, transcorre la C-37; el principal accés a la comarca des del

sud-oest des de la sortida del túnel de Bracons. Des d'aquest punt, la vall transcorre direcció nord vorejant el massís de Magdalena i la serra de Freixenal.

En la imatge següent s'aprecia la situació de l'Hospital d'Olot respecte del CAP de Sant Esteve d'en Bas.

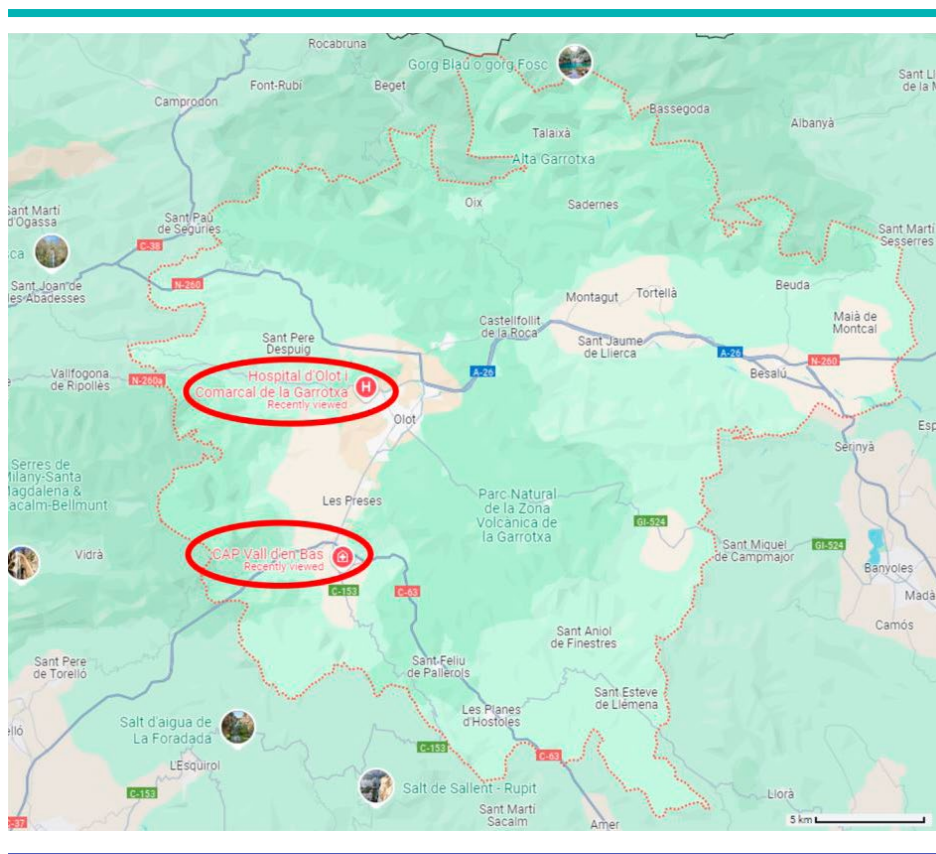


Figura 3. Captura de Google Maps dels centres seleccionats de la comarca de la Garrotxa i la Vall d'en Bas.

El CAP Vall d'en Bas, ubicat a Sant Esteve d'en Bas, està situat a la zona sud-est de la població, i a menys de 150 metres de la carretera comarcal C-153, que marca el límit occidental de la població. El CAP disposa d'una zona verda annexa al centre. La figura 4 mostra un mapa de Sant Esteve d'en Bas, on es pot observar la **ubicació del CAP**.

La seva ubicació facilita l'obtenció de permisos de vol, i la zona verda annexa en facilita l'aterratge.

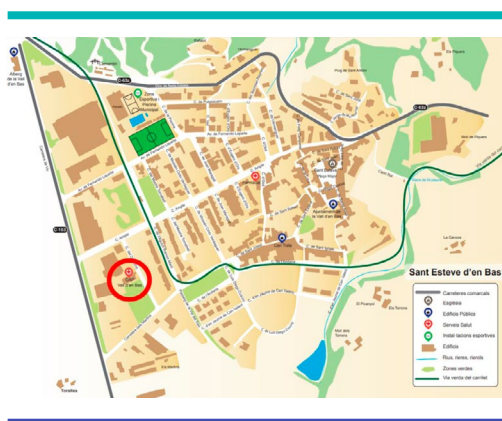


Figura 4. Mapa municipal de Sant Esteve d'en Bas i CAP Vall d'en Bas (cercle vermell).

4.1.2. Tipologia de dron

El model de dron seleccionat havia de complir els requeriments del projecte, **garantint les necessitats tècniques i logístiques** i una sèrie

de característiques per volar a l'entorn seleccionat. El dron seleccionat és un dron **elèctric de tipus VTOL** (vertical take-off and landing) d'alimentació

elèctrica; es tracta, per tant, d'un **eVTOL**.



Figura 5. Dron eVTOL utilitzat per al projecte, juntament amb la seva base.

La capacitat d'enlairar-se i aterrar verticalment dels drons VTOL permet que operin en **espais reduïts** (de només 5 metres de diàmetre) i que originalment no estaven destinats a aquest fi. Això els fa molt més **adaptables per enlairar-se i aterrar a la zona de l'ABS i l'Hospital**, i que aquestes zones siguin més properes a les zones d'entrega i recepció de la càrrega.

El model de dron emprat en aquest projecte és l'**Eiger de Rigitech**. Aquest dron té una longitud de 166 cm i una envergadura de 240 cm

amb un pes en buit de 10,5 kg. Disposa d'un **compartiment de càrrega** de 15 l en el cas d'una única caixa, o dos compartiments de 6 l. La càrrega màxima que pot transportar és de 2,5 kg.

La **distància d'autonomia** d'aquest dron és de 80 km. Al projecte l'operativa del dron està calculada en uns 20 km, així, doncs, s'adapta als requeriments establerts.

S'alimenta amb **bateries elèctriques**, fet que permet reduir les emissions contaminants i, per tant,

l'impacte en el medi ambient.

Aquest dron eVTOL **disposa d'ales i dos conjunts d'hèlix**. En la fase de vol vertical (enlairament i aterratge), empra quatre hèlixs que permeten que s'enlairi a una velocitat al voltant dels 12 km/h fins a l'alçada desitjada. Un cop assolida l'alçada canvia a mode de vol horitzontal. Mitjançant les ales i una hèlix addicional, té la capacitat de volar de forma més ràpida i eficient, i arribar a una velocitat de creuer de 100 km/h. Durant el vol horitzontal té una gran eficiència energètica.

4.1.3. Transport de mostres biològiques

Per a realitzar el transport de mostres es va tenir en compte la **normativa vigent que regula el transport, el seu embalatge i les condicions requerides**. També es van definir les **variables de laboratori** que serien necessàries per avaluar la qualitat de les mostres transportades.

Les mostres de sang estan designades amb **número d'ONU 3373**, dins dels criteris marcats per la denominació de "**substància biològica de categoria B**", tal com s'indica a les pàgines 232 i 233 de l'Acord europeu sobre transport de mercaderies perilloses per carretera

(ADR) de 2023 (7).

Per tant, d'acord amb aquesta categorització l'embalatge emprat ha de **complir amb la instrucció d'embalatge P650 (8)**. Aquesta instrucció indica que l'embalatge de les mostres ha de consistir en **tres capes diferenciades**:



Embalatge primari:

En el cas de mostres líquides el/els embalatges primaris han de ser estancs i amb una capacitat menor a 1 l. A més, la instrucció indica que en cas de múltiples recipients primaris aquests han d'estar separats per tal que no entrin en contacte.



Embalatge secundari:

Aquest ha d'ésser estanc i ha de contenir material absorbent.



Embalatge exterior rígid:

Aquest pot contenir un volum màxim de 4 l comptant el volum del gel sec o humit o plaques de fred que s'emprin.

Per tal d'avaluar la **qualitat de les mostres transportades** es va considerar utilitzar sensors de temperatura i d'impacte per al transport amb dron i furgoneta.

Per avaluar l'impacte s'ha definit per aquest projecte que el sensor activi una alerta si aquest detecta més de tres impactes. Per altra banda, s'ha definit el rang d'entre 5 i 20 °C com el rang de temperatura per al transport de sang. Si se superen els llimars d'aquest rang, el sensor també genera una alerta. Si durant el transport no es generés cap alerta, es consideraria que **s'han mantingut unes condicions de transport adequades**.

Finalment, també per poder avaluar la qualitat de les mostres transportades, es va decidir comparar els **resultats**

de les següents variables de laboratori: índex d'hemòlisi i concentracions de potassi, lactat deshidrogenasa (LDH) i glucosa.

Aquestes variables permeten detectar possibles alteracions durant el transport, considerant que l'augment de l'hemòlisi pot augmentar els nivells de **potassi i LDH**.

D'altra banda, es van tenir en compte els **rangs de referència** (valors considerats normals en absència d'alteracions fisiològiques) per a cada variable per avaluar si els valors obtinguts es mantenen dins de la normalitat o no amb ambdós transports. Els rangs de referència són:

- **Índex d'hemòlisi:** 0 - 50 (en què 0 representa l'absència d'hemòlisi, el valor òptim)

- **Concentració de potassi:**

3,4 - 5,1 mmol/l*

- **Concentració de LDH:**

125 - 220 U/L

- **Concentració de glucosa:**

60 - 115 mg/dL*

*S'ha agafat el rang més ampli tenint en compte els rangs de referència per a tots els rangs d'edat, només per a avaluar els resultats del projecte i en cap cas per al diagnòstic.

4.2. Disseny del pilotatge

Un cop analitzats els requeriments, es va realitzar el **disseny de l'operativa**

de vol necessària pel transport en dron, el **flux assistencial** del transport

i la **definició dels indicadors** per a l'avaluació de la ruta.

4.2.1. Operativa de vol

La definició de l'operativa de vol va implicar **dues parts**: la definició del trajecte del dron i la definició de les

zones d'enlairament i aterratge. El **trajecte realitzat** té com a origen el CAP Vall d'en Bas i com a destí a

l'Hospital d'Olot. La **ubicació** dels dos centres de pilotatge es mostra en la imatge següent:

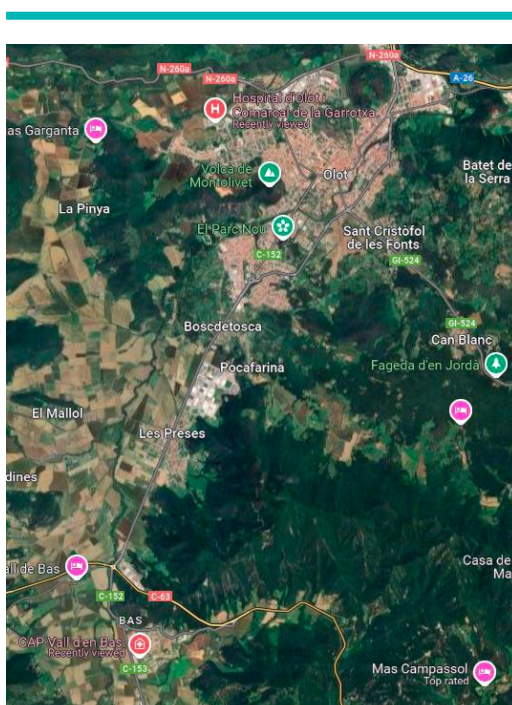


Figura 6. Centres seleccionats per al pilotatge (captura de pantalla de Google Maps).

La **definició del trajecte** es va fer sota el marc operatiu avalat pel certificat d'operació lleuger de **UAS (LUC)**¹, (10) de l'empresa operadora del vol. Aquesta certificació permet a l'operadora de vol autocertificar-se vols amb dron si es compleixen **certs requisits de densitat de població**,

zona de vol i característiques del dron emprat.

El trajecte es va definir en **dues parts**, tenint en compte les característiques de la zona, especialment, la presència del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. La figura 6 mostra la

zona de vol definida, en què es va optar per minimitzar la distància recorreguda dins el territori del Parc Natural (de color marronós a la dreta de la figura). La figura consisteix en una captura de pantalla del **simulador d'ENAIRE Drones** (9) extreta el 28 de maig de 2024, en la qual s'aprecia la ruta de vol.

¹ **LUC** (de l'anglès, light UAS operator certificate, o certificat d'operador d'UAS lleuger) és una certificació emesa per l'autoritat d'aviació civil que autoritza a una organització a operar drons dins de la Unió Europea amb una certa autonomia i flexibilitat. Aquest certificat és atorgat per l'Agència Europea de Seguretat Aèria (EASA) i permet als operadors de drons realitzar operacions de risc mitjà i alt sense la necessitat de sol·licitar autorització prèvia per a cada vol, sempre que compleixin amb els estàndards i procediments establerts en el LUC.

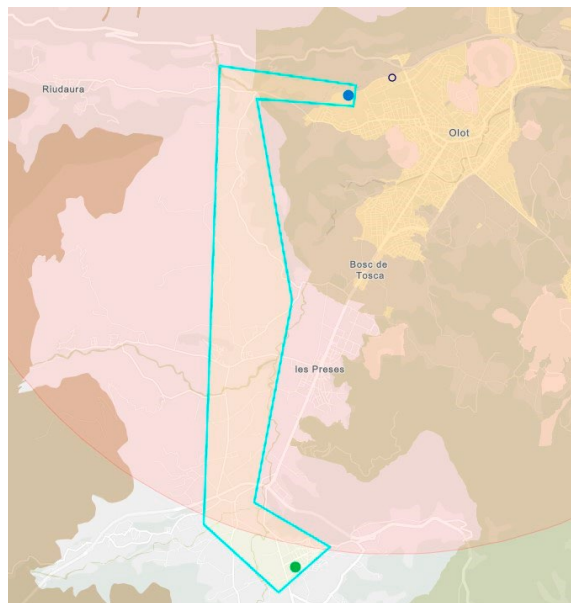


Figura 7. Zona de vol des del CAP Vall d'en Bas (en verd) fins a l'Hospital d'Olot (en blau).

Per la part inicial del trajecte, des de l'enlairament al CAP Vall d'en Bas, es va definir una ruta en direcció nord al llarg de la zona central de la Vall, evitant així el Parc Natural. Aquesta àrea, amb gran presència d'àrees de camps de conreu, va permetre reduir els riscos tant a terra, com a l'aire, minimitzant l'impacte en àrees protegides i altres espais aeris d'ús prioritari per altres aeronaus.

A més, el relleu orogràfic de la zona va permetre mantenir una alçada de vol per sota dels 120 metres sobre el terreny (AGL). Aquesta direcció es va mantenir fins a la bifurcació de la carretera GIV-5224, amb la carretera GIP-5233 (carretera Riudaura-Olot).

realitzar inevitablement a través de territori del Parc Natural des del sector de la Pinya, tal com s'observa en la imatge de sota. Es van evitar, així, els sectors del volcà de Montolivet i la Muntanya Pelada, considerades zones d'alt interès faunístic.

El segon tram de la ruta, des de la bifurcació fins a la zona d'aterratge a l'Hospital d'Olot, es va haver de

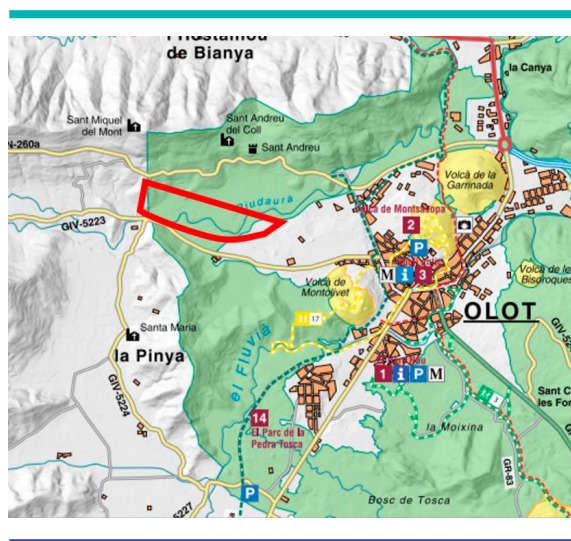


Figura 8. Zona de vol dins el Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa

A part de reduir la distància recorreguda en territori del Parc Natural, per tal de generar el mínim impacte del dron possible en la fauna local, es va optar per disminuir el nombre de dies de pilotatge a un total de cinc durant les dues setmanes.

Per tant, es van definir **cinc trajectes d'anada i tornada** amb una durada màxima de 10 minuts, dels quals, com a màxim, 1,5 minuts es recorrien dins del territori del parc.

Finalment, **es van definir les zones d'enlairament i aterratge als centres**. Per l'enlairament al CAP Vall d'en Bas, es va delimitar una zona en un terreny annex al centre. En aquesta zona es va desplegar l'equipament de suport a l'enlairament.

A l'Hospital d'Olot es van definir dues zones (moll de càrrega i zona annexa al moll de càrrega) validades prèviament per motius de seguretat,

operativitat (pas de vehicles i persones) i connectivitat GPS. Aquestes zones es van definir el més a prop possible del laboratori d'anàlisi de l'Hospital (uns 50 metres en el cas de la zona annexa al moll de càrrega).



Figura 9. Zona d'aterratge del dron a l'Hospital d'Olot

4.2.2. Flux assistencial

Es va definir un **flux assistencial** per operativitzar el transport, que comptava amb **quatre fases** diferenciades, les quals involucren **professionals i ubicacions** diferents en cada cas:

1. Recollida de les mostres al CAP Vall d'en Bas
2. Transport de les mostres del CAP Vall d'en Bas a l'Hospital d'Olot
3. Rebuda i anàlisi de les mostres a l'Hospital d'Olot
4. Tornada del dron al CAP Vall d'en Bas

Per tal de poder fer la **comparativa entre el transport amb dron i furgoneta**, es va decidir que a tots els pacients participants en el projecte se'ls extrauria dos tubs de sang. Totes les mostres extretes amb les

condicions ordinàries **viatjarien amb dron** i, a més, s'extrauria un **tub addicional de sang** que viatjaria segons la **logística habitual, en furgoneta**. Per tant, es compararien els resultats del transport de les

mostres de sang.

La fase de recollida de mostres al CAP Vall d'en Bas es va definir per part del personal d'infermeria del centre, que s'expliquen a continuació enumerats de forma consecutiva:

En primer lloc, es va definir que [1] els pacients amb una analítica programada i que anessin al CAP algun dels dies de la prova de concepte, [2] serien atesos en l'horari habitual.

A aquesta població, [3] se'ls informaria sobre el projecte i, als que decidissin participar voluntàriament, se'ls entregaria un consentiment informat que signarien.

[4] A aquesta mostra de pacients se'ls extraurien les mostres amb les mateixes condicions ordinàries, que viatjarien amb dron i, a més, s'extrauria

un tub addicional de sang que viatjaria en furgoneta. Els tubs s'etiquetarien d'acord amb el procediment habitual, però separant ambdós mètodes de transport. Als pacients no participants no se'ls extrauria el tub de sang addicional. Per als dos tipus de transport les mostres de sang es recollirien en tubs individuals de 10 ml. Un cop extretes i etiquetades les mostres, [5] aquestes es prepararien per al transport amb dron i furgoneta amb l'embalatge reglamentari. Els tubs s'introduirien en les gradetes, i aquest conjunt s'afegiria en una bossa de plàstic impermeable. Aleshores,

s'introduiria en neveres de fred passiu amb plaques de gel. Els tubs per al transport amb furgoneta es prepararien segons el flux habitual. Per als dos transports, dins de les bosses hi hauria un sensor de temperatura i un d'impacte.

Finalment, [6] el personal d'infermeria entregaria les mostres amb el seu embalatge a l'operadora per a ser transportades amb el dron, per una banda, i a la persona responsable del transport amb furgoneta, per altra banda.

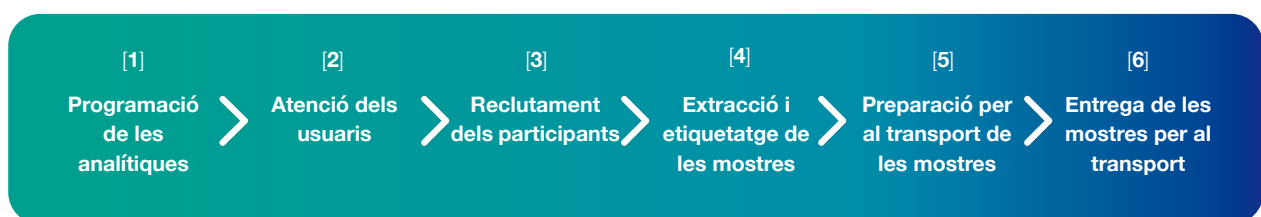


Figura 10. Flux assistencial al CAP Vall d'en Bas.

Prèviament a la prova de concepte es va realitzar una **breu formació als professionals** participants en l'operativa d'entrega i recollida de les mostres transportades amb dron.

El transport de mostres amb dron es realitzaria per part de l'operadora,

seguint la ruta definida i els horaris marcats pel flux assistencial. El dron sortiria un bon punt s'acabessin les extraccions. El transport amb furgoneta seguiria el recorregut i la temporalitat habitual.

La rebuda i anàlisi de les mostres

a l'Hospital d'Olot es va definir per part del personal de laboratori i administració del centre. Per aquest projecte va ser necessari afegir passos al flux assistencial habitual.

A continuació es mostren els passos definits:



Figura 11. Flux assistencial a l'Hospital d'Olot.

Es va establir que un cop aterrés el dron a l'Hospital i es descarregués per part de l'operadora, [1] el personal de laboratori de l'Hospital recolliria les mostres biològiques del dron i [2] les portaria a peu fins al laboratori.

Un cop al laboratori [3] es realitzaria l'anàlisi tant de les mostres del dron com les de furgoneta, seguint el procediment habitual en ambdós casos i, [4] finalment es recollirien els resultats obtinguts en les mostres de sang per a les variables de laboratori

seleccionades.

A més del viatge d'anada del CAP a l'hospital, cada dia de pilotatge el dron també faria un viatge de tornada a la base d'operacions a Sant Esteve d'en Bas, des d'on sortiria el següent dia.

4.2.3. Indicadors

Per tal d'avaluar el transport amb dron, es van establir el **conjunt**

d'indicadors a mesurar durant el pilotatge. Aquests es van definir en tres

dimensions diferents:

Logística i usabilitat:

- Hora de sortida dels vehicles de transport (dron i furgoneta)
- Hora d'arribada dels vehicles de transport (dron i furgoneta)
- Hora de rebuda de les mostres al laboratori (dron)
- Temps de dedicació del personal sanitari (dron)
- Escala SUS (System Usability Scale) (dron)

Qualitat de les mostres:

- Índex d'hemòlisi en sang
- Concentració de potassi en sang (mmol/l)
- Concentració de lactat deshidrogenasa (LDH) en sang (U/l)
- Concentració de glucosa en sang (mg/dl)
- Nombre d'impactes
- Rang de temperatura

Impacte econòmic i ambiental:

- Costos del personal sanitari
- Costos del personal implicat en l'operativa de vol
- Costos de contractació del servei
- Emissions de CO₂ (dron i furgoneta)

Pel que fa als **resultats de la dimensió de logística i usabilitat**, el personal responsable de l'operativa registrarà en una taula d'Excel les entregues i del temps d'operació. Així mateix, es disposarà d'un diari de vol en què es registraran els trajectes, els temps de vol i les condicions meteorològiques.

Per altra banda, l'escala SUS es

recollirà mitjançant un formulari en línia accessible des de l'ordinador i els dispositius mòbils. Aquest formulari l'ompliran els professionals de salut participants en la part del flux assistencial que implica l'operativa del dron, entregant i recollint les mostres transportades.

Pel que fa a la **qualitat de les mostres**, els professionals de

laboratori duran a terme l'anàlisi dels quatre indicadors de laboratori en les mostres de sang (hemòlisi, potassi, LDH i glucosa) i avaluaran els resultats dels sensors (impactes, temperatura).

Per acabar, es recolliran les dades necessàries per avaluar **els costos i l'impacte mediambiental** dels dos tipus de transport.

4.3. Model d'avaluació

Per analitzar els indicadors del projecte i així poder avaluar el transport de mostres amb dron s'han emprat diferents criteris i mètodes, separats en **quatre dimensions d'indicadors**.



Figura 12. Dimensions dels indicadors.

4.3.1. Logística

L'avaluació de la logística i operabilitat és crucial per garantir que els sistemes d'aeronaus no tripulades implementats en projectes de salut funcionin de manera eficient, segura i sostinguda. Aquesta fase implica una anàlisi detallada de la capacitat del sistema de drons per complir amb els requisits logístics del projecte i la seva

integració amb els processos operatius existents dins del sistema de salut.

Inicialment, s'ha calculat el **temps de trajecte de cada dia de transport** a partir de l'hora de sortida i l'hora d'arribada de cada vehicle. Després s'ha calculat la **diferència de temps entre el transport amb dron i per**

carretera. També s'ha calculat la mitjana i la desviació estàndard o típica. A més, s'ha calculat el **percentatge de reducció del temps** de transport en dron a partir del temps mitjà obtingut amb dron i furgoneta de la forma següent:

Equació 1

$$\text{Reducció temps (\%)} = \frac{\bar{t}_{\text{dron}} - \bar{t}_{\text{furgoneta}}}{\bar{t}_{\text{furgoneta}}} \cdot 100$$

Un cop calculada la reducció de temps, s'ha avaluat si els **valors de les mostres** seguien una distribució normal amb el **test de Shapiro-Wilk**, amb confiança del 95%. Si les dues mostres compleixen

criteris de normalitat s'emprarà una prova paramètrica, si no, una prova no paramètrica. Com a test paramètric s'emprarà un t-test de mostres aparellades. Com a prova no paramètrica s'emprarà el test de

Wilcoxon. Ambdues proves permeten avaluar si hi ha diferències significatives en les mitjanes, tot i que una prova paramètrica aporta més fiabilitat i robustesa estadística.

4.3.2. Usabilitat

Per altra banda, s'ha **avaluat la usabilitat del sistema** emprant l'escala d'**Usabilitat SUS** (vegeu annex I). Aquesta escala permet avaluar la **usabilitat subjectiva** d'un dispositiu o sistema tecnològic. Es tracta de deu preguntes amb resposta en forma d'**escala Likert**.

Aquesta escala assigna un valor numèric de l'1 al 5 a les possibles respostes ("totalment en desacord", "en desacord", "neutral", "d'acord" i "totalment d'acord"). A partir de les puntuacions numèriques es calcula la puntuació de l'escala seguint els **següents passos**:

1. Es calculen les puntuacions ajustades restant 1 a cada puntuació de les preguntes imparelles i i restant 5 a la puntuació de cada pregunta parella
2. Es sumen totes les puntuacions ajustades.
3. Es multiplica la suma per 2,5.

4.3.3. Qualitat de les mostres

La **qualitat de les mostres** transportades amb dron i furgoneta s'ha avaluat a partir dels **sensors de transport i els resultats obtinguts al laboratori**. Dels sensors s'ha comprovat si l'impacte i la temperatura s'han mantingut dins del rang adient.

Pel que fa als resultats de laboratori, primerament s'ha calculat la mitjana i la

desviació típica de cada variable (índex d'hemòlisi o IH, i concentracions de potassi, LDH i glucosa) per totes les mostres de sang transportades amb dron i furgoneta.

Després s'ha calculat el percentatge de la diferència dels resultats amb dron respecte dels de furgoneta (**equació 2**) i, per avaluar la significança de

la diferència de resultats entre els dos transports, s'ha normalitzat la diferència obtinguda amb el rang de referència (**equació 3**).

Equació 2

$$\text{Diferència (\% canvi respecte furgoneta)} = \frac{x_{\text{furgoneta}} - x_{\text{dron}}}{x_{\text{furgoneta}}} \cdot 100$$

Equació 3

$$\text{Diferència (\% normalitzat amb rang de referència)} = \frac{x_{\text{furgoneta}} - x_{\text{dron}}}{\max_{\text{rang}} - \min_{\text{rang}}} \cdot 100$$

Això ha permès avaluar si diferències aparentment menors són significatives, atès que el rang de valors sobre els quals es mou la variable és estret. Aquesta anàlisi s'ha reforçat estadísticament amb un t-test de mostres aparellades, que ha permès avaluar si les mitjanes de cada variable per cada tipus de transport presenten diferències estadísticament significatives, amb un interval de confiança del 95%.

Per analitzar amb més detall els resultats de cada variable de laboratori, i valorar la concordança entre els dos

mètodes de transport, s'han creat gràfics **Bland-Altman** per cada una. En aquests gràfics es realitza un **diagrama de dispersió** de la diferència entre els valors obtinguts per cada pacient amb dron i furgoneta, respecte a la mitjana entre els dos valors.

Al mateix gràfic s'indica la **diferència mitjana** ($\bar{x}$) i es marca per sobre i per sota de la mitjana l'interval de confiança del 95%; en aquest cas, la diferència mitjana $\pm 1,96$ desviacions típiques (σ) de les diferències de valors. També es mostra la línia de tendència

o regressió lineal de l'evolució de les dades. **Si els mètodes fossin completament equivalents, les diferències serien mínimes i, per tant, la dispersió de punts seria una única línia horitzontal.**

Finalment, per avaluar possibles correlacions entre l'índex d'hemòlisi i la resta de variables, s'han dut a terme tres **tests de correlació de Pearson** (potassi-IH, LDH-IH i glucosa-IH) entre les diferències de valor de les diferents variables.

4.3.4. Impacte econòmic i ambiental

Per avaluar els **costos del pilotatge** s'ha tingut en compte, per una banda, el cost del **servei de transport amb dron** i, per altra banda, **el cost del**

personal d'infermeria del CAP que ha entregat les mostres i el personal de l'Hospital que ha recollit les mostres i les ha portat fins al laboratori.

Pel que fa al servei de transport, el seu cost s'ha obtingut de la **suma de tres categories**:

- **Costos UAS:** costos del dron i l'equipament associat.
- **Costos de personal:** costos del personal per operar el dron.
- **Costos indirectes:** costos de l'establiment de les rutes (anàlisi de regulació, anàlisi de l'entorn, etc.) i altres.

Per calcular l'**impacte mediambiental** dels dos trajectes s'han avaluat les emissions generades durant el trajecte. És a dir, s'han exclòs de l'anàlisi les emissions de fabricació i

el manteniment del dron i la furgoneta. Pel càlcul de les **emissions de CO₂** amb furgoneta s'ha considerat una furgoneta estàndard, i la **ruta més curta possible**. Es tracta de la ruta a

través de la C-152 amb una distància recorreguda de 10,5 km. La figura de sota mostra la ruta seleccionada, en blau fosc.

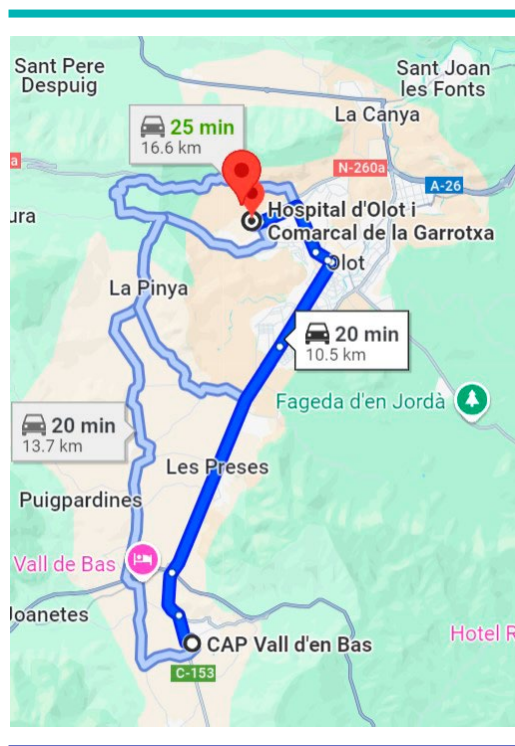


Figura 13. Rutes per carretera entre el CAP de Sant Esteve d'en Bas i l'Hospital d'Olot.

Les emissions de la furgoneta s'han calculat amb la calculadora de carboni Cero CO₂ (11). Per introduir-hi més precisió, a la calculadora s'ha introduït la distància recorreguda en 100 trajectes, i després s'ha dividit el CO₂ resultant entre 100.

Per altra banda, per calcular les emissions del dron per trajecte s'ha emprat l'últim valor del factor d'emissió d'energia. Aquest valor en data de 25 d'abril de 2024 és de 260 g CO₂ eq/kWh i indica les emissions d'un kWh d'energia elèctrica generada a Espanya

(12). Aquest valor s'ha multiplicat pel consum elèctric del dron. El consum s'ha calculat amb l'expressió següent:

Equació 4

$$\text{Consum dron}_{Kwh} = I_{consumida (Ah)} \cdot \text{Voltatge Bateria (V)} \cdot \bar{t} \text{ Trajecte en dron}$$

Els dos càlculs s'expressen en grams de diòxid de carboni equivalent (g de

CO₂ eq). Aquesta unitat és l'estàndard emprat per mesurar les emissions dels

gasos (13).

5. Pilotatge

El **pilotatge** ha tingut lloc entre la segona i tercera setmana de juny de 2024. Com que el CAP Vall d'en Bas realitza extraccions només alguns dies de la setmana (dilluns, dimecres, dijous i divendres), els cinc dies de pilotatge s'han repartit entre els dies d'activitat. **S'ha executat la prova de concepte els dies 12, 14, 17, 19 i 21 de juny de 2024.**

No es van produir incidències en l'execució de l'operativa dissenyada i programada, i la participació dels diferents equips es va dur a terme de la forma prevista i coordinada.

Durant els dies de vol es va definir un horari d'operació entre les 9:00 i les 12:00 del matí, per poder disposar d'un marge de temps **en cas de meteorologia o condicions tècniques no favorables.**

Durant aquest horari d'operació es van registrar les següents condicions meteorològiques:

Taula 1. Condicions meteorològiques a la Vall d'en Bas en les franges horàries d'operació

Dia	12/06/2024	14/06/2024	17/06/2024	19/06/2024	21/06/2024
Franja horària de vol	10:00- 10:30	9.30 - 10:00	10.30 - 11:00	9.30 - 10:00	11.00 - 11:30
Pictograma					
Estació la Vall d'en Bas (W9)	Temperatura mitjana: 14,2 °C - 14,5 °C Humitat relativa: 91-89 % Velocitat mitjana del vent a 2 metres: 2,4 m/s - 2,3 m/s Ratxa màxima: 3,8 m/s - 3,5 m/s	Temperatura mitjana: 19,8 °C - 20,5 °C Humitat relativa: 67-65 % Velocitat mitjana del vent a 2 metres: 3,1 m/s - 2,9 m/s Ratxa màxima: 6,3 m/s - 6,6 m/s	Temperatura mitjana: 25,1 °C - 25,7 °C Humitat relativa: 52-51 % Velocitat mitjana del vent a 2 metres: 0,8 m/s - 1,5 m/s Ratxa màxima: 2,4 m/s - 3,5 m/s	Temperatura mitjana: 21,3 °C - 21,6 °C Humitat relativa: 77-78 % Velocitat mitjana del vent a 2 metres: 1,4 m/s - 1,7 m/s Ratxa màxima: 3 m/s - 3,2 m/s	Temperatura mitjana: 20 °C - 21,1 °C Humitat relativa: 70-67 % Velocitat mitjana del vent a 2 metres: 1,7 m/s - 1,9 m/s Ratxa màxima: 3,6 m/s - 3,4 m/s

Taula 2. Meteorologia Estació d'Olot durant les franges horàries d'operació.

Dia	12/06/2024	14/06/2024	17/06/2024	19/06/2024	21/06/2024
Franja horària de vol	10:00- 10:30	9.30 - 10:00	10.30 - 11:00	9.30 - 10:00	11.00 - 11:30
Pictograma					
Estació d'Olot (YB)	Temperatura mitjana: 13,8 °C - 13,9 °C Humitat relativa: 95-96 % Velocitat mitjana del vent a 10 metres: 2,4 m/s - 1,2 m/s Ratxa màxima: 4,4 m/s - 3 m/s Pluja: 2,2 mm - 0,2 mm	Temperatura mitjana: 21,4 °C - 21,9 °C Humitat relativa: 58 % Velocitat mitjana del vent a 10 metres: 2 m/s - 3,3 m/s Ratxa màxima: 5,4 m/s - 6,9 m/s	Temperatura mitjana: 25,1 °C - 25,4 °C Humitat relativa: 56-57 % Velocitat mitjana del vent a 10 metres: 4,1 m/s - 4 m/s Ratxa màxima: 7,1 m/s - 6,9 m/s	Temperatura mitjana: 21 °C - 22,1 °C Humitat relativa: 77-74 % Velocitat mitjana del vent a 10 metres: 3,4 m/s - 2,4 m/s Ratxa màxima: 5,3 m/s - 4,7 m/s Presència de Calitja a les 9h	Temperatura mitjana: 21,5 °C - 22,5 °C Humitat relativa: 61-57 % Velocitat mitjana del vent a 10 metres: 1,4 m/s - 1,3 m/s Ratxa màxima: 4,1 m/s - 3,9 m/s

6. Avaluació dels resultats



6.1. Logística



6.2. Usabilitat



6.3. Qualitat de les mostres

6.3.1. Índex d'hemòlisi

6.3.2. Concentració de potassi

6.3.3. Concentració de Lactat Deshidrogenasa (LDH)

6.3.4. Concentració de glucosa

6.3.5. Correlacions entre indicadors



6.4. Impacte econòmic i ambiental

6.4.1. Costos

6.4.2. Impacte mediambiental

A continuació es mostren els resultats obtinguts de l'avaluació del projecte.

Primerament es dona una visió general dels resultats, i després s'exposen

en detall les quatre dimensions dels indicadors.

108

Mostres
biològiques
transportades

El transport de mostres amb dron s'ha pogut executar els cinc dies programats. En total s'han transportat **108 mostres biològiques**

durant els 5 dies de pilotatge, incloent sèrum (sang) –espontani, de 30' i de 60'–, EDTA, citrat, equilibri venós, VSG, femta i orina espontània

i orina de 24 hores. A continuació es mostren el nombre de mostres transportades de cada tipus:

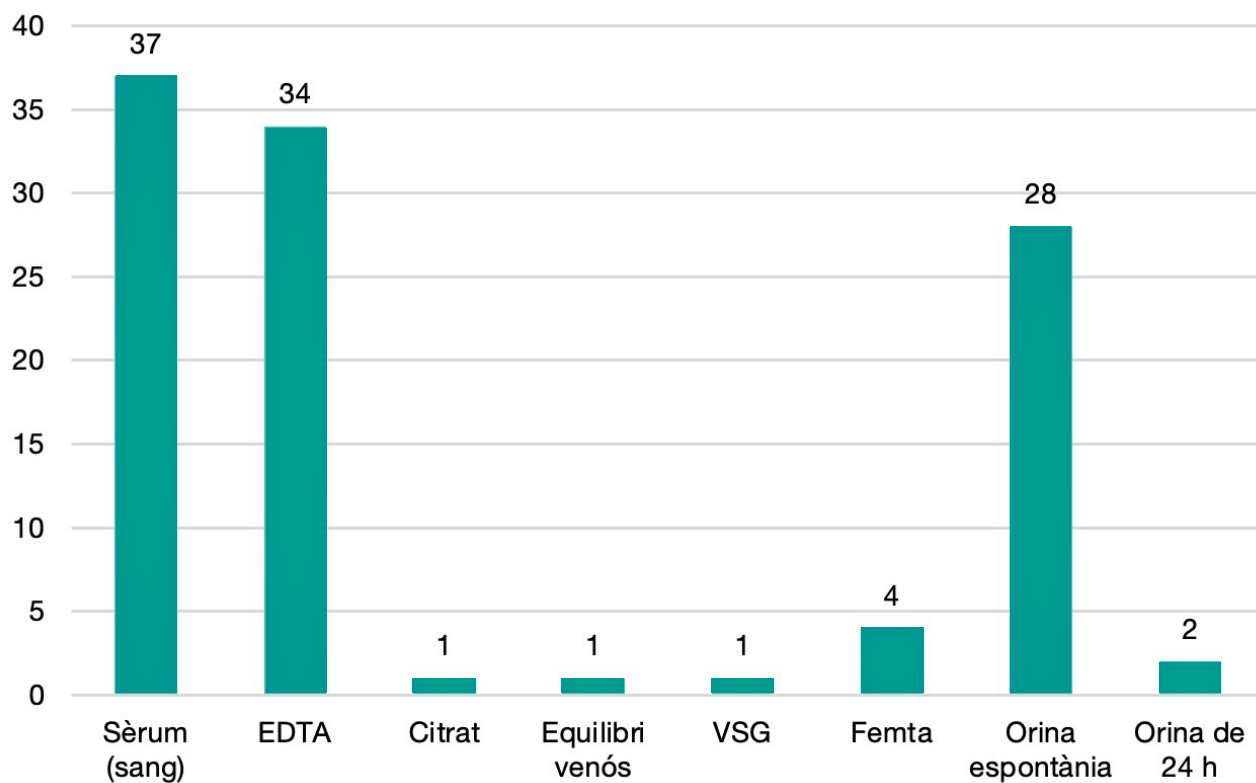


Figura 14. Nombre i tipus de mostres biològiques transportades amb dron

S'han transportat **37 mostres de sang en total**, i 7,4 de mitjana per dia. Donat que l'anàlisi de la qualitat

de les mostres transportades s'ha realitzat amb mostres de sang, que també s'han transportat per carretera,

a continuació es mostra el detall del **nombre de mostres de sang transportades cada dia**:

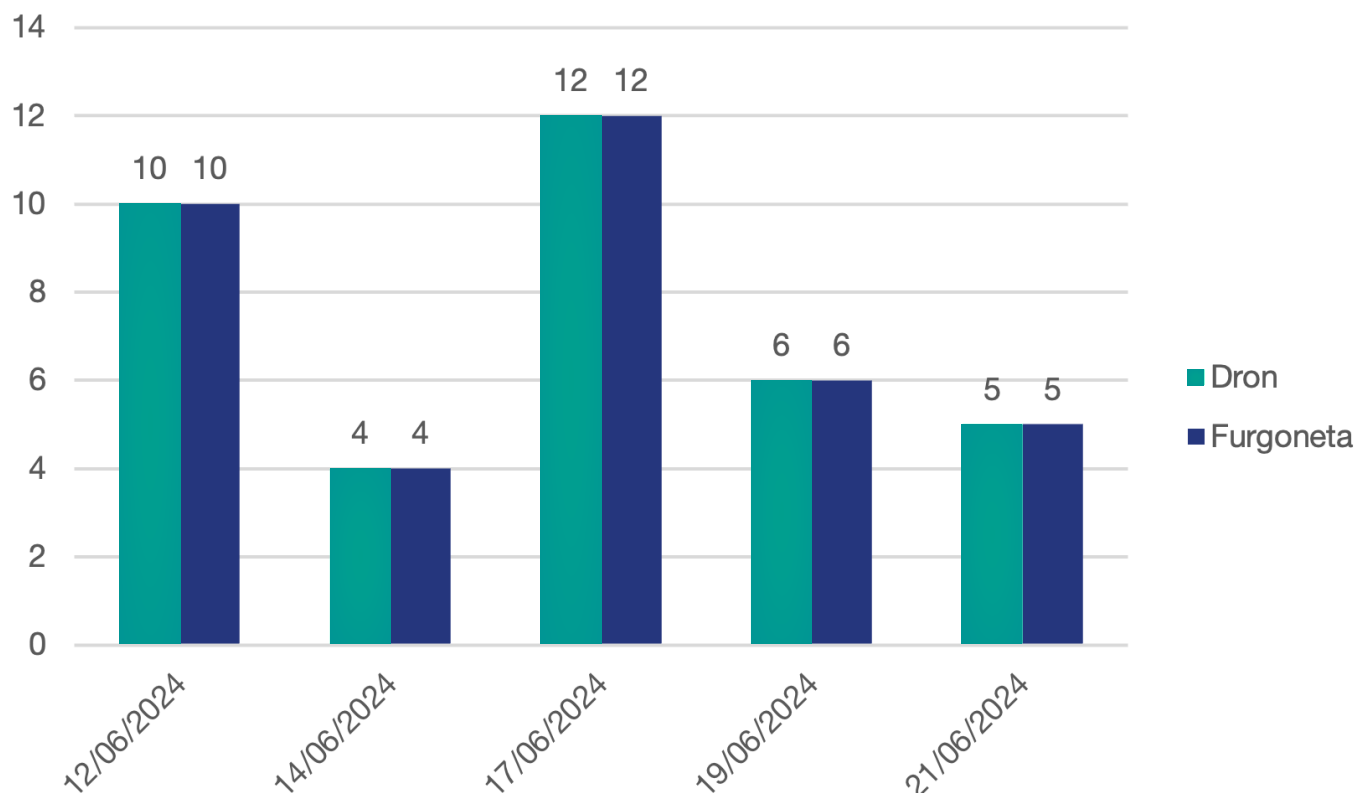


Figura 15. Nombre de mostres de sang transportades amb dron i furgoneta.

Amb el dron s'ha reduït el temps de transport un 74,3% de mitjana respecte del transport amb furgoneta. L'índex d'hemòlisi de les mostres de

sang s'ha reduït en un 47,7%. S'ha obtingut una puntuació de 74 punts per a la usabilitat del sistema de càrrega del dron mitjançant l'escala

SUS, i s'ha observat que les emissions de CO amb dron durant cada trajecte són un 98,8% més baixes que amb furgoneta.

37 Mostres de sang transportades

74,3% Reducció del temps de transport

47,7% Reducció de l'hemòlisi

98,8% Reducció de CO₂

Pel que fa a la diferència d'hora de sortida entre dron i furgoneta, la furgoneta passa cada dia en el rang horari acordat, mentre que el dron va

sortir del CAP tan bon punt es van acabar les extraccions. Per això, les mostres transportades amb dron van tenir un menor temps d'espera al

CAP, fet que va disminuir la possible degradació de la mostra.

Taula 3. Hores de transport amb dron i furgoneta.

DATA	DRON		FURGONETA	
	HORA SORTIDA	HORA ARRIBADA	HORA SORTIDA	HORA ARRIBADA
12/06/2024	10:11:01	10:18:58	10:26:00	11:12:00
14/06/2024	09:49:00	09:56:03	10:40:00	11:04:00
17/06/2024	10:54:12	11:01:26	10:50:00	11:19:00
19/06/2024	09:43:39	09:51:32	10:38:00	10:56:00
21/06/2024	11:15:00	11:22:36	10:29:00	10:59:00

6.1. Logística

A continuació, es mostren els **temps de transport** amb dron i furgoneta,

així com la **diferència de temps** entre ambdós transports:

Taula 4. Temps de transport amb dron i furgoneta.

DATA	DRON	FURGONETA	DIFERÈNCIA
12/06/2024	7 min 57 s	46 min	38 min 3 s
14/06/2024	7 min 3 s	24 min	16 min 57 s
17/06/2024	7 min 14 s	29 min	21 min 46 s
19/06/2024	7 min 53 s	18 min	10 min 7 s
21/06/2024	7 min 36 s	30 min	24 min 24 s
Mitjana i desviació típica	7 min 32 s ±23 s	29 min 24 s ±10 min 24 s	21 min 52 s ± 10 min 1 s

La **mitjana de temps** dels trajectes realitzats amb dron és de 7 min 32 s $\pm$ 23 s, mentre que els trajectes amb furgoneta duren de mitjana 29 min 24 s $\pm$ 10 min 24 s. Per tant, el temps de transport en dron **s'ha reduït un 74,3%** respecte en furgoneta.

O el que és el mateix, el temps de transport amb dron ha suposat aproximadament **¼ del temps en furgoneta**.

El t-test realitzat demostra que la diferència entre els dos transports és

estadísticament significativa (p-valor = 0,00901 < 0,05). A més, els valors del temps de transport per carretera presenten més variabilitat respecte als valors de dron.

74,3% Reducció del temps de transport

6.2. Usabilitat

Pel que fa a la **usabilitat**, de la inclusió de la tecnologia dron dins

del procés assistencial, la puntuació mitjana obtinguda per les respostes

dels professionals a l'escala SUS és de 74 punts, sobre un màxim de 100.

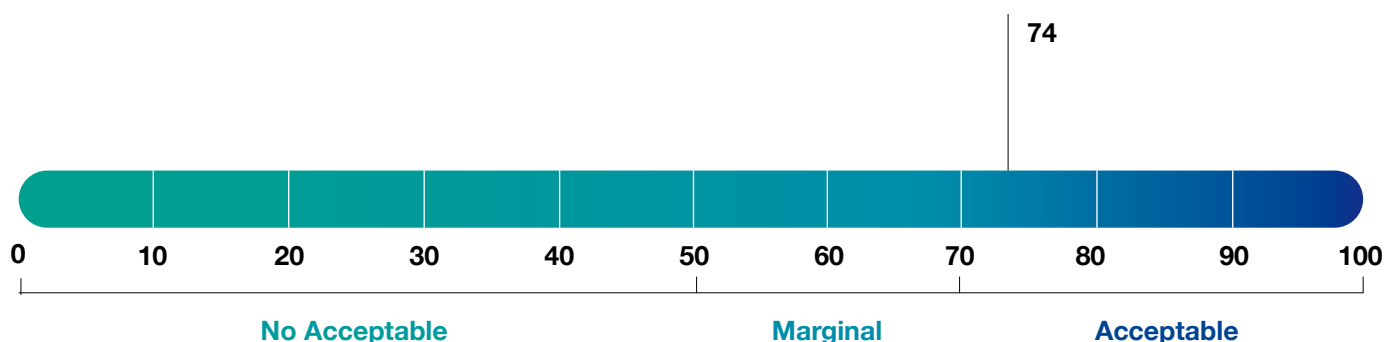


Figura 16. Puntuació SUS.

Aquesta puntuació està **lleugerament per sobre del llindar de 68-70** que marcaria una **usabilitat correcta** en el procés de transport, càrrega i descàrrega del dron.

Per a les preguntes que fan referència a la usabilitat s'observa que els professionals consideren que la tecnologia dron **és fàcil d'utilitzar en un 100%**, també es mostren

favorables a l'ús d'aquesta tecnologia, i la majoria no consideren que sigui una tecnologia complicada (67%).

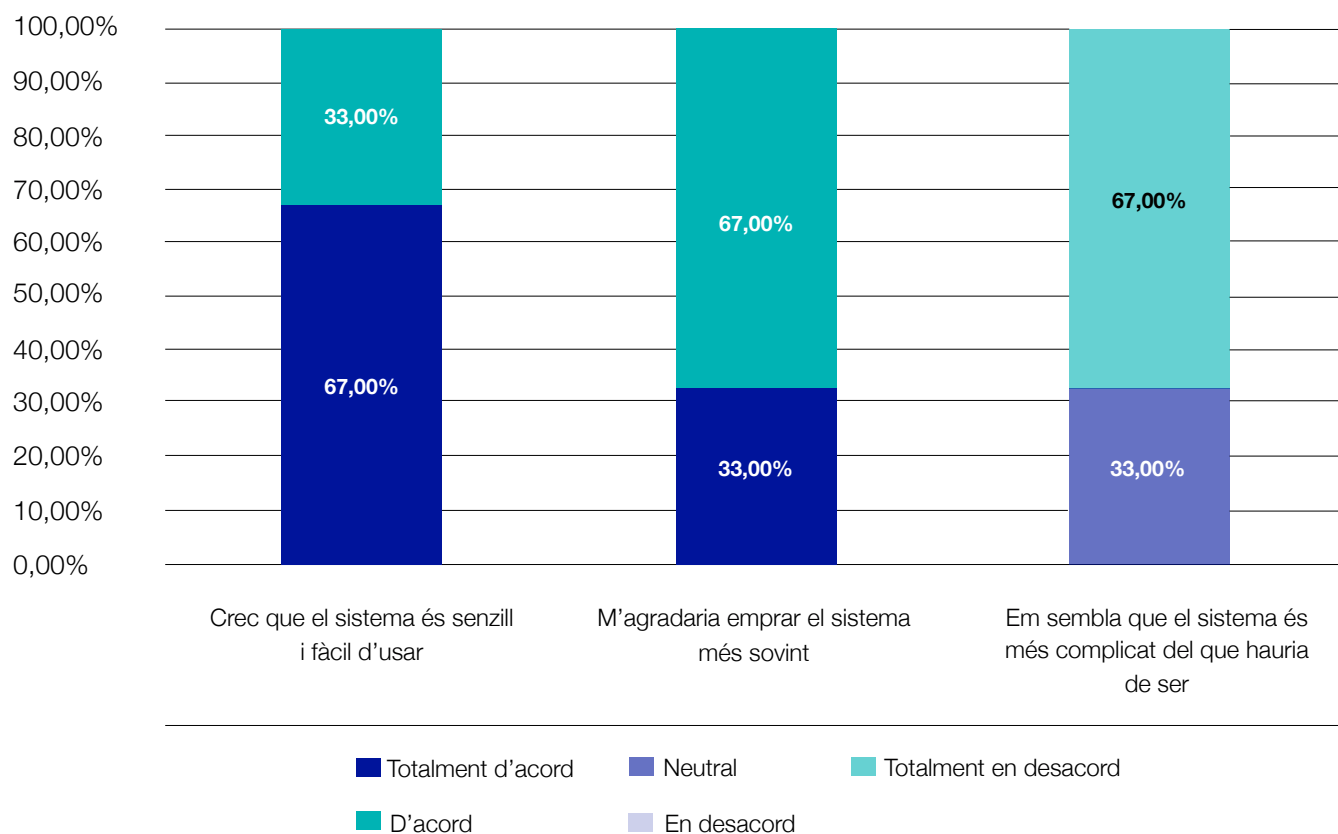


Figura 17. Resultats Escala SUS usabilitat.

Des d'un punt de vista competencial, els professionals consideren que la majoria poden aprendre a utilitzar aquest tipus de tecnologia, i hi ha

discrepàncies en l'ús de suport tècnic d'aquesta tecnologia (33% d'acord, 33% neutral, i 33% en desacord).

No es considera que l'ús de la

tecnologia dron sigui complexa, i tampoc que requereixi un gran temps d'aprenentatge.

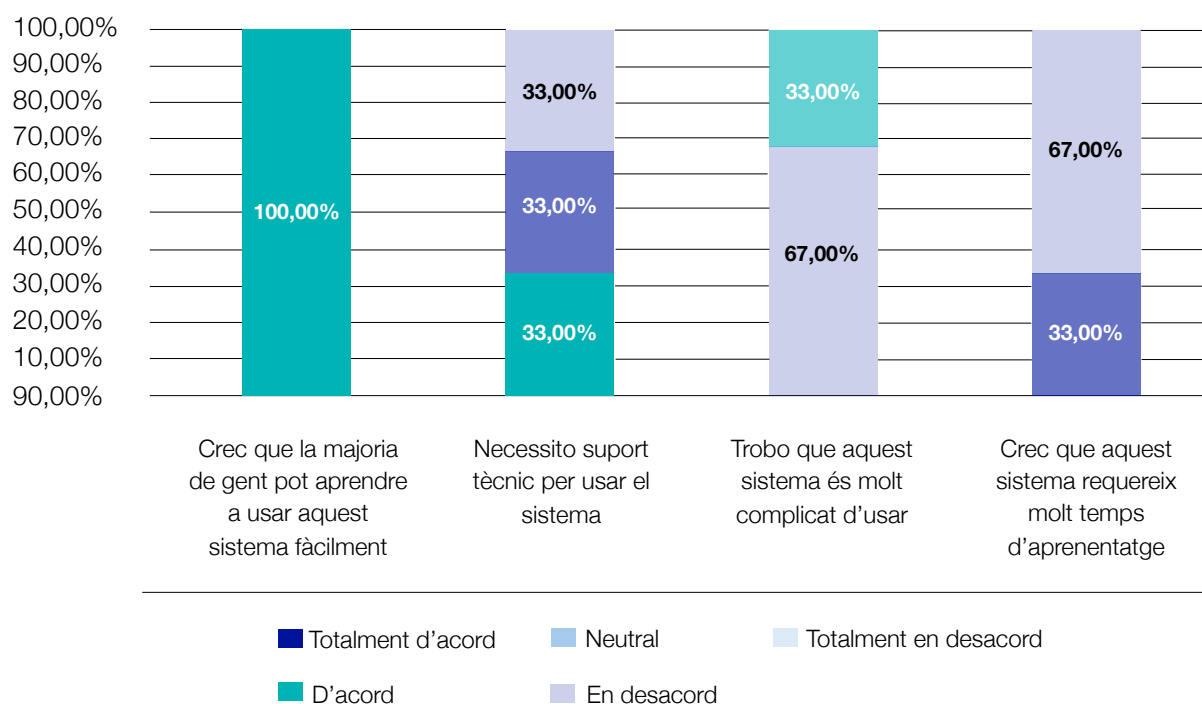


Figura 18. Resultats Escala SUS competències professionals

En la valoració del procés s'observa que els professionals que el procés **no indiquen que hi hagi problemes**

d'integració, indicant en un 33% que funciona correctament i integrat en el procés assistencial. Tampoc

no s'assenyala que la inclusió de la tecnologia dron produeixi incidències o irregularitats en el procés.

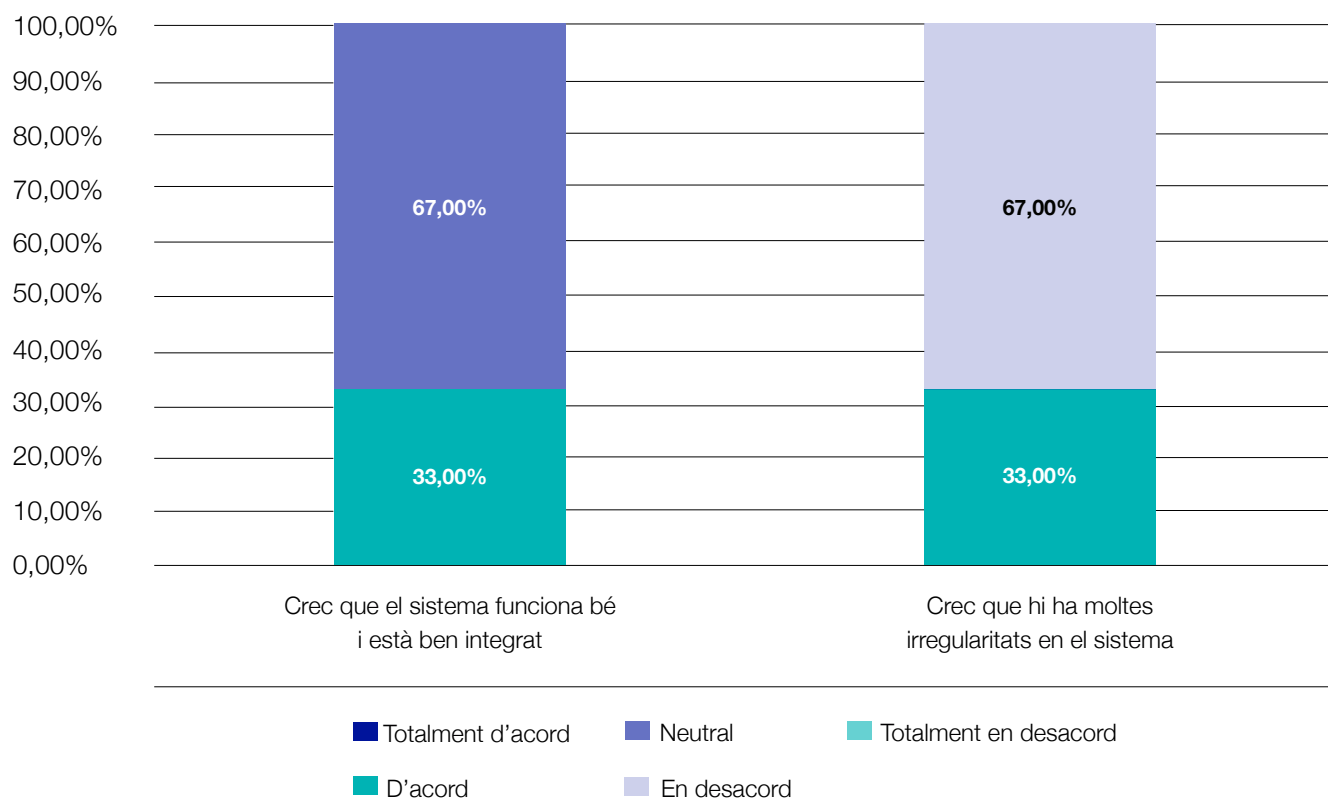


Figura 19. Resultats Escala SUS preguntes procés

Quant a la **seguretat de l'ús de la tecnologia dron** dins de l'àmbit de la salut per al transport de mostres,

tots els professionals indiquen que la consideren una tecnologia segura, amb un 33% que hi està totalment

d'acord, i un 67% que està d'acord.

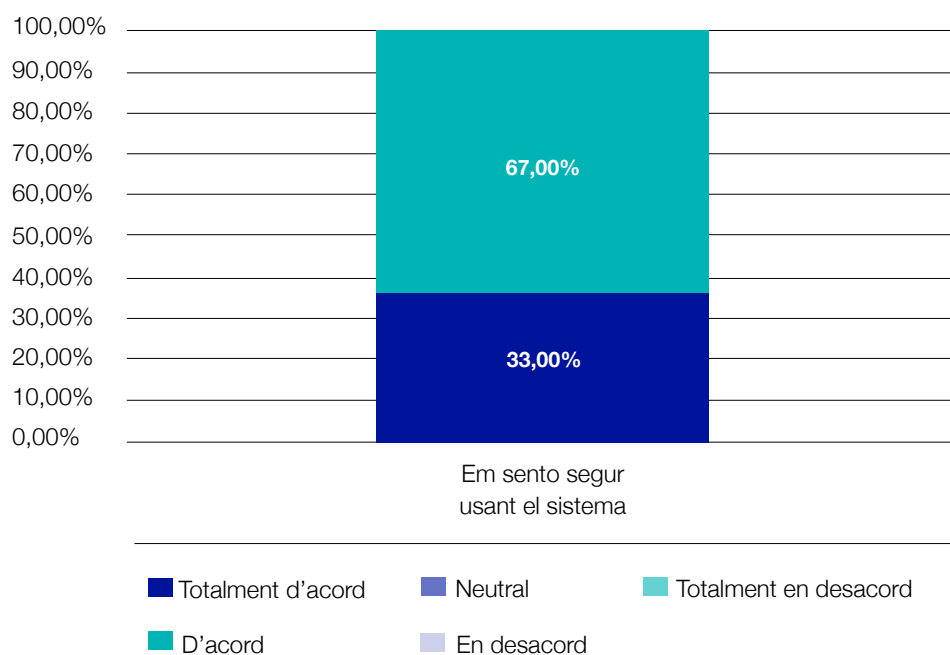


Figura 20. Resultats Escala SUS pregunta seguretat d'ús

Aquests resultats mostren **que els professionals estan molt d'acord** en què el sistema és senzill i fàcil de

fer servir, i se senten segurs emprant el sistema, però que cal **comptar amb competències tècniques** per

fer ús de la tecnologia.

6.3. Qualitat de les mostres

En tots els trajectes amb dron i furgoneta la **temperatura de les mostres s'ha mantingut dins del rang adequat** (5-20 °C) i, pel que fa a l'agitació, totes les mostres han

rebut menys de tres impactes, fet que mostra una **estabilitat suficient** tant amb dron com amb furgoneta. A sota es mostra la mitjana i la desviació típica de cada variable de laboratori

analitzada per totes les mostres de sang transportades, així com la diferència i els percentatges de la **diferència dels resultats amb dron respecte dels de carretera.**

Taula 5. Mitjana i desviació típica de cada variable de laboratori per totes les mostres de sang transportades amb dron i furgoneta, diferència i percentatge de la diferència.

	Índex d'hemòlisi	Potassi	LDH	Glucosa
Dron	6,7 ± 4,1	4,5 ± 0,4 mmol/L	159,0 ± 27,9 U/L	95,4 ± 12,7 mg/dL
Furgoneta	14,6 ± 5,9	4,7 ± 0,4 mmol/L	171,4 ± 32,9 mg/dL	95,9 ± 13,0 mg/dL
Diferència	7,9 ± 1,8	0,2 ± 0,0	12,4 ± 5,0	0,5 ± 0,3
Diferència (% canvi respecte furgoneta)	47,7%	3,4%	6,6%	0,5%
Diferència (% normalitzat amb rang de referència)	15,8%	11,0%	12,4%	1,7%

L'índex d'hemòlisi (IH) s'ha mantingut dins del rang de referència (menor a 50) per als dos transports, per tant, els resultats de la resta de variables són vàlids per ambdós transports. Tot i així, l'IH ha **disminuït notablement** amb dron, un **47,7%** respecte de la furgoneta, fet que **contribueix en una major qualitat de les mostres**. Pel que fa a les concentracions de potassi i LDH, les variacions han estat menors, però considerables.

La glucosa és la variable que s'ha mantingut més estable, amb un canvi

de tan sols un 0,5%. En tots els casos, les concentracions obtingudes amb dron són menors que amb furgoneta, fet que pot estar relacionat amb la disminució de l'hemòlisi.

Les diferències normalitzades amb els rangs de referència mostren amb claredat com en el cas de l'IH (15,8%), el potassi (11%) i l'LDH (12,4%) les diferències són significatives, a causa del rang de valors sobre els quals es mou la variable. En el cas de la glucosa, per contra, la diferència normalitzada és molt menor (1,7%), la qual cosa indica una gran estabilitat

d'aquesta variable amb ambdós transports.

Els t-test realitzats mostren uns resultats equivalents: la diferència entre mitjanes estadísticament significativa per a l'IH ($p\text{-valor} = 2,2 \cdot 10^{-8} < 0,05$), el potassi ($p\text{-valor} = 8,4 \cdot 10^{-6} < 0,05$) i l'LDH ($p\text{-valor} = 3,6 \cdot 10^{-4} < 0,05$), mentre que la diferència és no significativa per a la glucosa ($p\text{-valor} = 0,16 > 0,05$).

A continuació s'exposen amb més detall els resultats obtinguts per a cada variable.

6.3.1. Índex d'hemòlisi

La figura 20 mostra el **gràfic de Bland-Altman de l'IH**, en el qual es pot observar una alta dispersió dels valors. Quatre valors es troben fora

de l'interval de confiança, fet que reforça la idea que les diferències d'hemòlisi entre els dos mètodes són significatives. Igualment, tots els IH

obtinguts s'han mantingut dins del rang de referència.

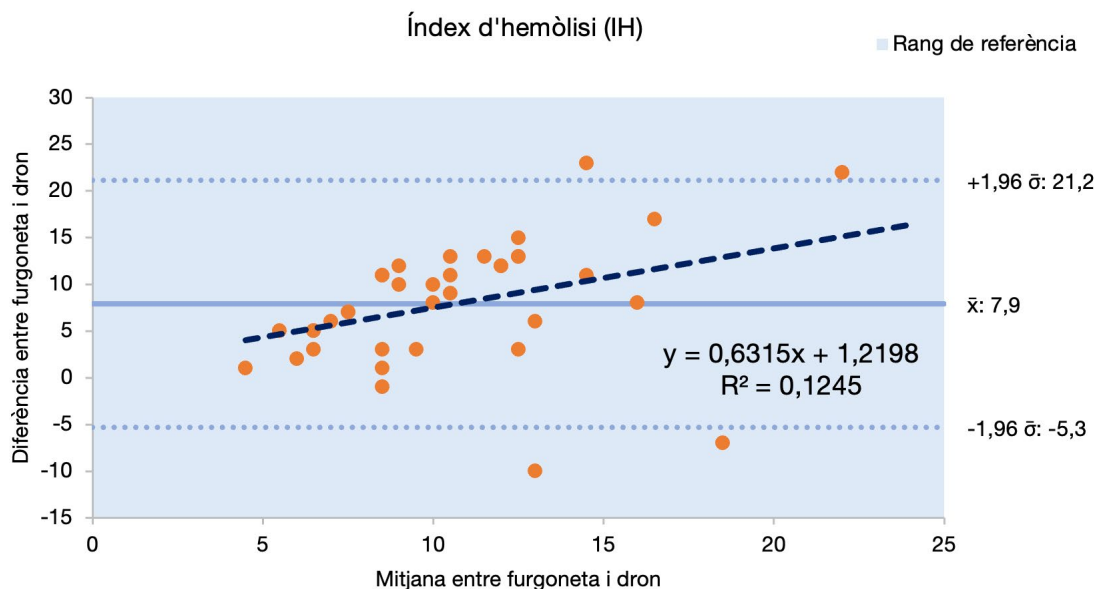


Figura 21. Bland-Altman de l'índex d'hemòlisi, resultats dron respecte furgoneta

La línia de tendència, amb $R^2=0,12$, indica un lleuger grau de linealitat per aquestes dades i una tendència a augmentar la diferència entre els dos valors a mesura que la mitjana de

l'IH augmenta. És a dir, quan s'han obtingut els IH més alts amb furgoneta, en la majoria dels casos l'IH de la mostra del mateix pacient era menor amb dron. De fet, es pot observar que

només hi ha tres casos en què l'IH és menor amb furgoneta que amb dron.

6.3.2. Concentració de potassi

La figura 21 mostra el Bland-Altman de la concentració de potassi. S'hi pot observar una dispersió relativa dels valors, amb només un valor per sobre i un valor per sota de l'interval de confiança. Pel que fa als valors fora del rang de referència, la mitjana només es mostra fora del rang en quatre dels casos, casos en què la diferència

entre els dos mètodes és menor, i es troba clarament dins de l'interval de confiança. Per tant, **els resultats que poden indicar una alteració del pacient són equivalents en els dos mètodes.**

A més, la línia de tendència és horitzontal, amb R^2 gairebé zero, fet

que indica que les diferències entre els dos mètodes es mantenen constants per a tots els valors. Per tant, tot i que el t-test ha mostrat diferències estadísticament significatives entre els dos mètodes de transport per a aquesta variable, **el gràfic mostra una equivalència prou sòlida.**

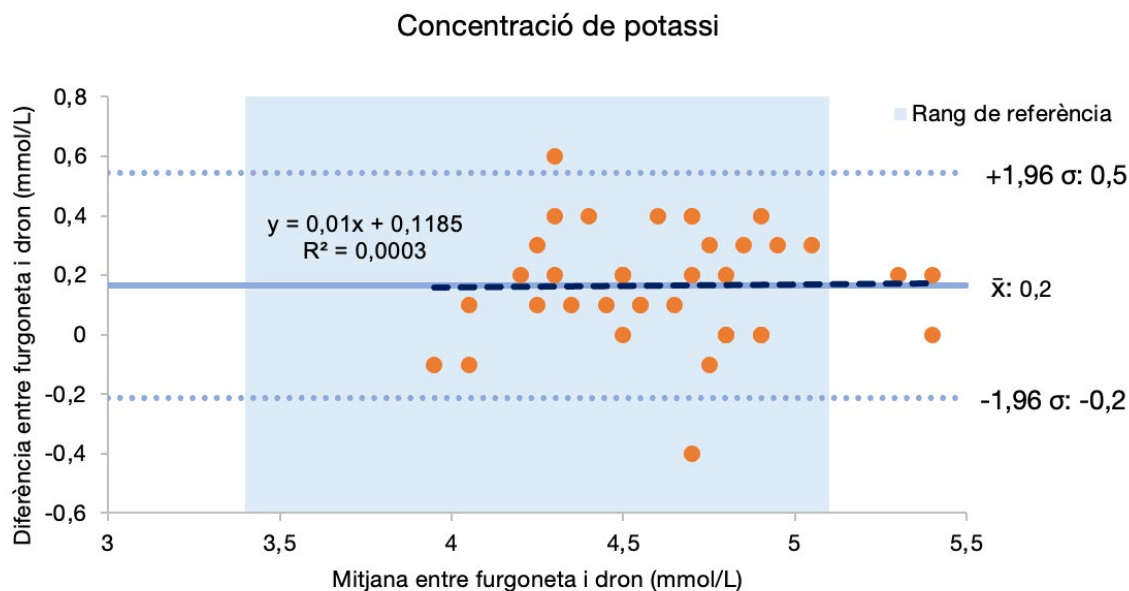


Figura 22. Bland-Altman de la concentració de potassi, resultats dron respecte a la furgoneta.

Pel que fa a **valors específics**, en la majoria dels pacients els resultats han estat lleugerament menors amb

dron; per quatre pacients s'ha obtingut el mateix valor, i per uns altres quatre els resultats han estat lleugerament

superiors per carretera (diferències negatives al gràfic).

6.3.3. Concentració de lactat deshidrogenasa (LDH)

La figura 22 mostra el Bland-Altman de l'LDH. S'hi observa una lleugera dispersió dels punts, **tots prou**

propers a la diferència mitjana i sempre dins dels límits de confiança. Tots els valors fora del

rang de referència es troben agrupats dins del límit de confiança, fet que aporta consistència per al diagnòstic.

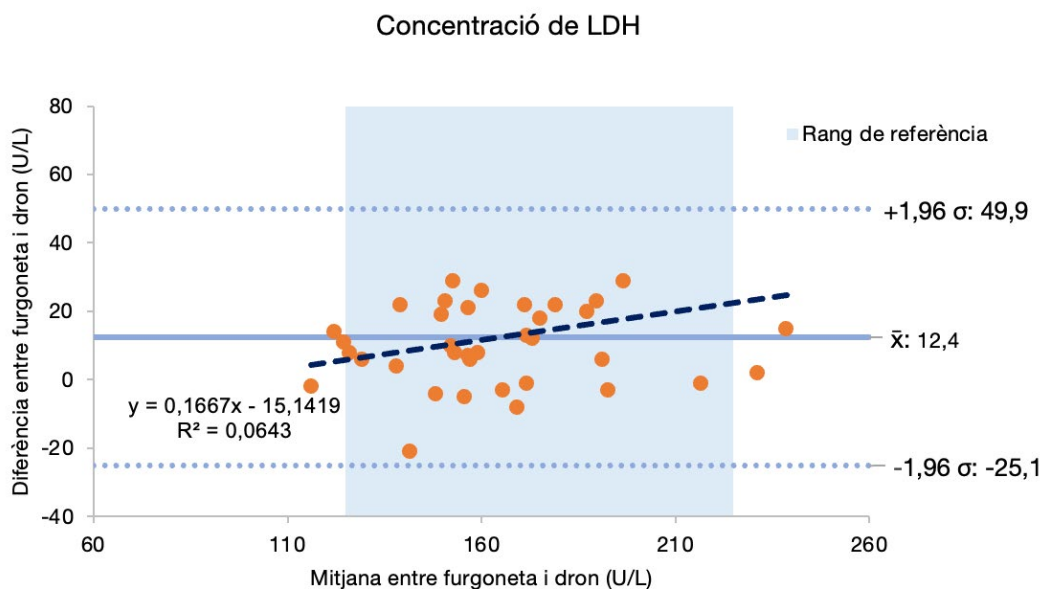


Figura 23. Bland-Altman de la concentració de LDH, resultats dron respecte a la furgoneta

La línia de tendència, amb $R^2 = 0,06$, indica una lleugera tendència a augmentar la diferència entre els dos valors a mesura que la mitjana d'LDH augmenta, tot i que es pot considerar no significativa. Per a aquesta variable s'han obtingut **resultats menors per**

dron majoritàriament, però també força valors menors per carretera. Per tant, tot i que el t-test ha mostrat diferències estadísticament significatives entre els dos mètodes de transport per a aquesta variable, el gràfic mostra una equivalència prou sòlida.

Cal mencionar que s'ha descartat un valor de les dades que es considera aberrant, ja que es troba a una distància de cinc desviacions típiques de la mitjana (mitjana=208,5; diferència=103).

6.3.4. Concentració de glucosa

La figura 23 mostra el Bland-Altman dels resultats. Es pot observar una

dispersió relativa dels valors, amb només un valor per sobre i un valor per

sota de l'interval de confiança. **La línia de tendència és gairebé horitzontal.**

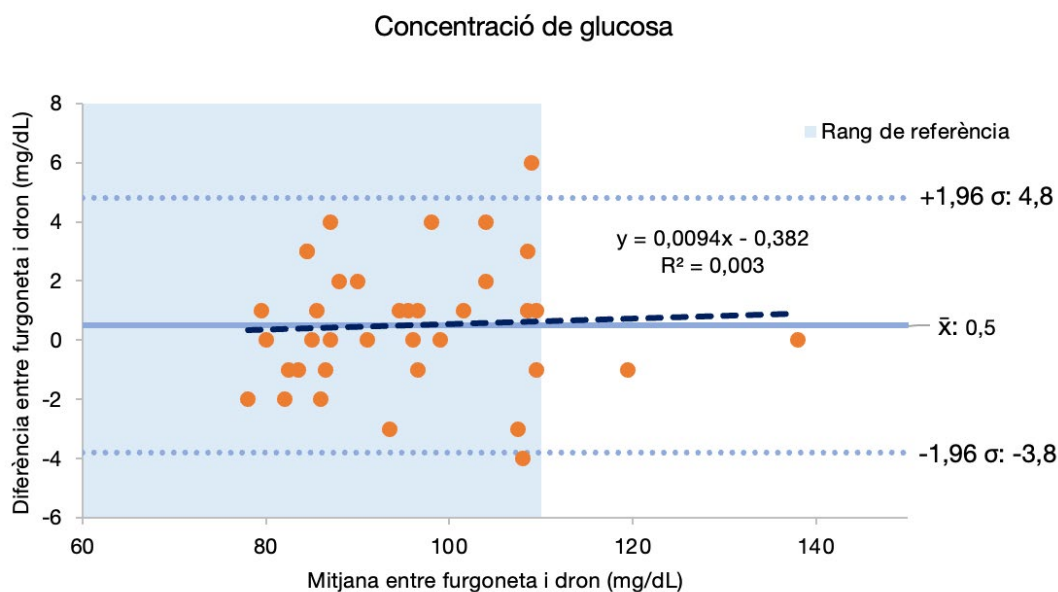


Figura 24. Bland-Altman de la concentració de glucosa, resultats dron respecte a la furgoneta.

En aquest cas també hi ha bastants valors fora del rang de referència, entre els quals es troben els dos valors fora de l'interval de confiança. Això pot provocar, en algun cas, que el resultat obtingut amb dron i furgoneta variï de tal manera que es trobi dins del rang per un transport

i fora per l'altre, tot i que el gràfic indica que els casos serien puntuals, i sempre amb valors propers.

S'han obtingut resultats menors per dron majoritàriament, però també força valors menors per carretera, per tant, aquesta diferència

pot donar-se en ambdós sentits. Per tant, reforçant-nos amb els resultats del t-test que mostren diferències no significatives entre ambdós mètodes, **es pot afirmar que hi ha una bona concordança entre els dos mètodes per a aquesta variable.**

6.3.5. Correlacions entre indicadors

Les correlacions de Pearson entre les diferents variables (potassi-IH, LDH-IH i glucosa-IH) semblen indicar que tant les diferències de potassi i glucosa respecte a les diferències de IH, no tenen una correlació significativa (p-valor

= 0,366 > 0,05, p-valor = 0,788 > 0,0, respectivament). En canvi, per l'LDH s'ha vist una correlació moderada estadísticament significativa (p-valor = $2,7 \cdot 10^{-3}$ < 0,05). Les gràfiques de la següent pàgina mostren la correlació.

En el cas del potassi, tal com s'observa a la figura 24, sembla que hi ha una tendència lleugera a augmentar, tot i això, el seu R^2 és de 0,02 i, per tant, **faria falta una mostra més gran per extreure resultats concloents.**

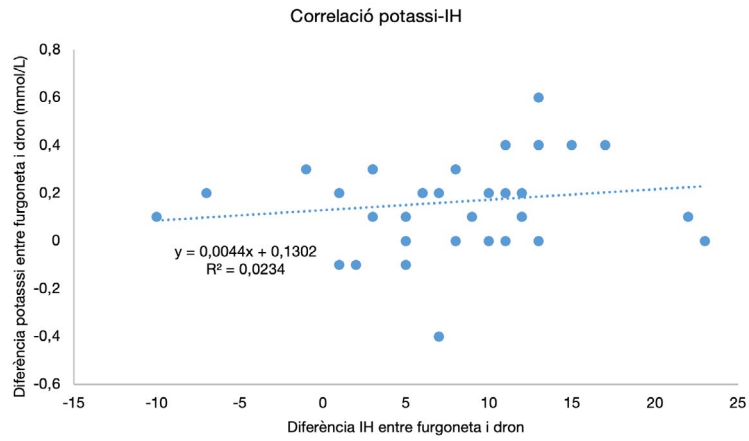


Figura 25. Correlació de les diferències de la concentració de potassi respecte de l'índex d'hemòlisi.

En el cas de l'LDH es pot observar un cert grau de correlació ($R^2=0,4$) entre

els dos indicadors. Aquesta sembla indicar que a l'augment de la diferència

en l'índex d'hemòlisi es tradueix en un **augment de la diferència en el LDH**.

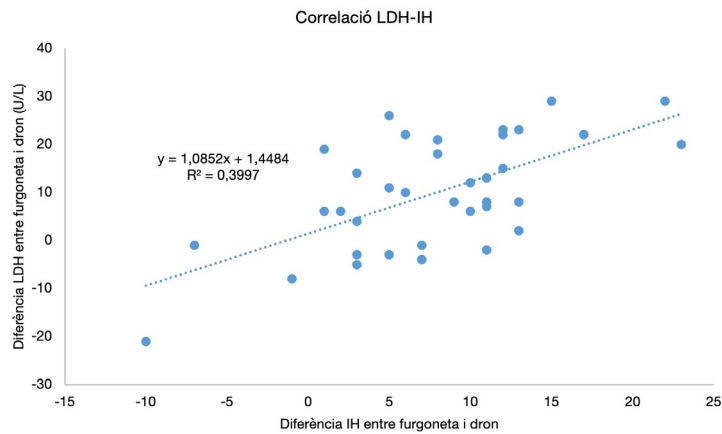


Figura 26. Correlació de les diferències de la concentració d'LDH respecte de l'índex d'hemòlisi.

Pel que fa a la correlació dels nivells de glucosa, a la figura 26, no s'aprecia

cap tendència aparent, tot i que faria falta disposar d'una mostra més gran

per extreure'n conclusions.

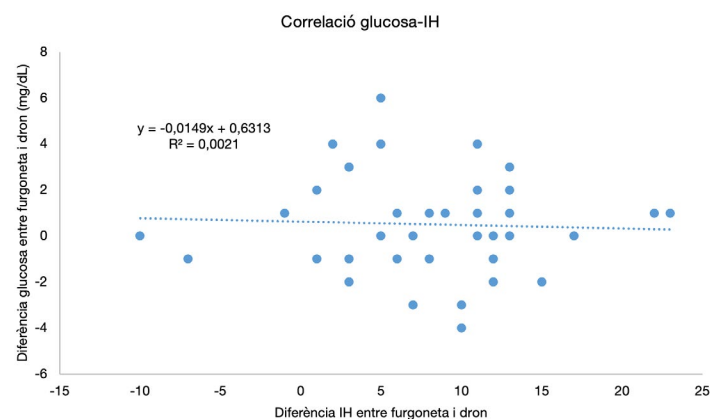


Figura 27. Correlació de les diferències de la concentració de glucosa respecte de l'índex d'hemòlisi.

6.4. Impacte econòmic i ambiental

L'avaluació de l'impacte econòmic i mediambiental de l'ús de drons en l'àmbit sanitari permet entendre les implicacions d'aquesta tecnologia en

termes de **costos i sostenibilitat**. Aquesta anàlisi és essencial per valorar la **viabilitat a llarg termini** dels projectes de drons, considerant tant

els beneficis com els possibles costos associats a la seva implementació i operació continuada.

6.4.1. Costos

El cost d'aquest projecte durant els dies de pilotatge implica, per una banda, el cost del **servei de transport amb dron** i, per altra banda, el **cost del personal**

d'infermeria del CAP que ha entregat les mostres i el **personal de l'Hospital que ha recollit les mostres i les ha portat fins al Laboratori**.

El **cost del servei de transport** amb dron en aquest projecte ha suposat un import de l'ordre dels 34.184€, valor que s'ha obtingut de la suma de tres categories:

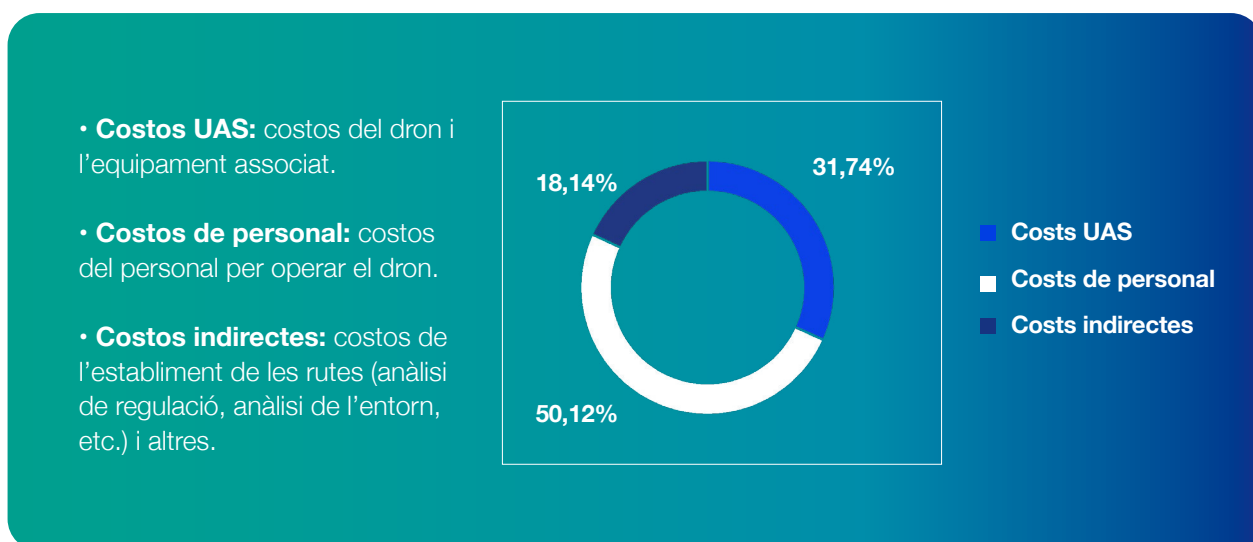


Figura 28. Distribució de costos del servei de transport amb dron del projecte.

Pel que fa als **costos del personal** del CAP i l'Hospital, sumant el temps de portar les mostres i el temps de recollida, cada dia el personal ha dedicat uns 3 minuts de mitjana. Com que durant aquesta fase del

flux assistencial es poden produir contratemps que poden endarrerir aquesta operativa, per a calcular el cost de personal sanitari s'ha emprat un valor de referència de 15 minuts de temps de dedicació. Així s'ha obtingut

un cost de 10€ de personal sanitari per dia de pilotatge, 50€ durant les dues setmanes.

Per tant, el cost total del pilotatge ha estat de 34.234€.

6.4.2. Impacte mediambiental

A partir de les aproximacions i els càlculs realitzats, s'ha obtingut que el trajecte en una furgoneta estàndard del CAP a l'Hospital (10,5 km) emet per trajecte 2.640 g CO₂ equivalent.

El dron disposa de dues bateries de 22,2 V amb un consum de 22 Ah, per tant, l'energia elèctrica que consumeix és 0,98 KWh. El temps mitjà del trajecte en dron ha estat de 7 min 32 s. Amb aquests paràmetres el valor

resultant obtingut és de 31,93 g CO₂ equivalent per trajecte.

Per tant, amb el dron les emissions de CO₂ s'han reduït un 98,79% respecte a les de la furgoneta.

2.640 g CO₂ eq

Emissions per trajecte furgoneta

31,93 g CO₂ eq

Emissions per trajecte dron

98,79%

Percentatge reducció CO₂

7. Discussió

Aquest projecte ha demostrat el **potencial de la tecnologia dron com a mitjà de transport de mostres biològiques** que pot complementar de forma flexible i eficaç la logística sanitària en zones rurals com la Garrotxa. El temps de transport amb dron ha suposat aproximadament **un quart del temps** emprat per al transport en furgoneta, amb una durada més constant i menys exposada a les variabilitats pròpies de la carretera, com ara el volum de trànsit o la qualitat de les carreteres i camins. A més, el dron ha mostrat **bones capacitats d'operació en pluja lleugera**, tot i que cal tenir en compte les seves limitacions operatives en escenaris amb pluja i vent elevat. En aquests escenaris els drons poden tenir dificultats i, per tant, s'hauria de disposar d'una alternativa de transport.

Durant l'execució de la prova s'han constatat **resultats d'usabilitat bons**, tot i que el valor de la diferència respecte al llindar de bona usabilitat és marginal. En aquest projecte la recepció de les mostres a l'hospital l'ha realitzat el personal sanitari, però, en un futur, aquesta tasca la podria fer un auxiliar administratiu, o fins i tot es podria evitar emprant l'automatització del procés. Addicionalment, seria molt recomanable introduir **dispositius i plataformes que permetin una gestió dels avisos i alertes dels transports, afavorint una millor coordinació**. A més a més, és necessari desplegar **plataformes d'atterratge** que millorin la càrrega i descàrrega del dron.

Els resultats de qualitat de les mostres són satisfactoris i interessants, ja que els valors d'hemòlisi obtinguts en dron són un 47% més baixos de mitjana que els valors amb furgoneta. Aquests resultats poden estar condicionats pel fet que l'hora de sortida del transport per carretera ha estat sempre posterior a l'hora de sortida del dron, a més de pels moviments de la furgoneta a la carretera.

Pel que fa a les variables de laboratori, en el cas del potassi els valors obtinguts en dron són lleugerament més baixos. Respecte als valors de la prova del LDH, també hi ha un lleuger biaix a la baixa. En aquest sentit, s'aprecia una certa correlació entre l'augment de les diferències de valors de LDH respecte a les diferències de l'índex d'hemòlisi: es podria relacionar una disminució de l'hemòlisi amb una disminució dels valors de LDH. Per últim, **la concentració de glucosa** s'ha mostrat prou estable, sense diferències significatives entre els dos tipus de transport.

En relació amb els costos, s'ha comprovat que en un escenari d'un sol trajecte per dia entre dos centres, el cost del transport en dron és més elevat que el transport en furgoneta. El cost del personal que opera el dron és el segment més important del cost. L'augment de la freqüència de trajectes amb dron (fet que es podria realitzar a curt termini) permetria optimitzar aquests costos per trajecte, així com millorar l'eficiència del sistema sanitari.

Atès que, actualment, el transport terrestre està limitat a un servei matinal amb horaris fixos, amb els drons es podrien establir **sortides més freqüents i no programades**, adaptades a les necessitats immediates, i evitant que els pacients s'haguessin de desplaçar fins a l'hospital per a diagnòstics urgents. Aquesta flexibilitat i adaptabilitat suposaria un benefici en temps i comoditat per als pacients, especialment aquells que es troben més allunyats del centre sanitari o tenen més dificultats per desplaçar-se, i de cost de suport en el desplaçament dels pacients en el cas que no es puguin desplaçar pel seu propi peu.

A mitjà-llarg termini, i tenint en compte factors com la devaluació del dron, el cost energètic de les bateries i l'assegurança del dron, els factors que tindrien major impacte en la millora de l'eficiència són el transport amb entregues a múltiples centres sanitaris (mitjà termini) i augmentar el número de drons que pot operar un mateix pilot (llarg termini).

En un escenari futur (3-5 anys), la combinació dels tres factors mencionats (a curt, mitjà i llarg termini) podria permetre acotar el cost per trajecte del transport enfront dels costos del transport rodat.

Amb tot, és evident la necessitat de dur a terme més projectes ampliant el nombre de mostres i aplicant millores en el procés com les mencionades anteriorment, per augmentar i consolidar l'evidència d'ús dels drons com a mètode de transport de mostres biològiques.

8. Conclusions

Aquest projecte ha permès executar satisfactòriament el transport programat de mostres de sang des del CAP Vall d'en Bas al laboratori d'anàlisi de l'Hospital d'Olot. El transport s'ha realitzat els cinc dies programats i, en total, 108 mostres biològiques amb dron, de les quals 37 corresponen a mostres de sang. Així, s'ha pogut avaluar en un entorn real **l'eficiència i eficàcia d'aquest transport.**

L'ús de drons ha demostrat ser una **solució logística viable**, aportant una **reducció significativa del temps** de transport (un 74,3% menys) en comparació amb el transport per carretera, i un temps més estable de trajecte. La **qualitat de les mostres transportades també ha estat favorable**, tant pel que fa a la temperatura i l'agitació com per les variables de laboratori. Més concretament, l'índex d'hemòlisi s'ha reduït en un 47,7%. A més, gràcies a l'ús d'un dron elèctric, s'han **reduït les emissions** de CO₂ en un 98,8% respecte al transport amb furgoneta.

Pel que fa a la usabilitat dels drons, una primera anàlisi apunta a una **bona capacitat d'integració del dispositiu en el flux assistencial**, tot i que amb marge de millora (Puntuació SUS 74/100). En un futur, la implementació de millores tecnològiques i operatives permetrà modelar l'estructura, millorar el procés i optimitzar els costos del servei.

Per tant, els drons obren les portes a nous serveis de transport que poden significar un avenç en la logística de distribució de material biomèdic. La seva implementació pot permetre també una millora de l'eficiència i la qualitat dels serveis sanitaris, així com contribuir en la reducció de les emissions de gasos contaminants.

Finalment, **una aplicació més àmplia dels drons en trajectes no programats** permetria ampliar el servei dels centres d'atenció primària, reduir el temps d'espera de pacients i evitar els desplaçaments innecessaris, oferint una solució més ràpida i còmoda que repercutiria directament en la qualitat del servei sanitari i en la satisfacció dels pacients.

9. Referências

-
- 1.** Infografia Aplicació de drons en l'àmbit de la salut - TIC Salut Social [Internet]. [citat 31 octubre 2024]. Disponible a: https://ticsalutsocial.cat/wp-content/uploads/2023/10/Cartell_Drons_TICSalut_Bo.pdf
 - 2.** Informe-Integracio-de-Drons-a-Entorn-Salut.pdf [Internet]. [citat 10 setembre 2024]. Disponible a: <https://ticsalutsocial.cat/wp-content/uploads/2024/05/Informe-Integracio-de-Drons-a-Entorn-Salut.pdf>
 - 3.** España termina 2023 con más de 94.000 operadores de drones registrados en AESA | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citat 7 octubre 2024]. Disponible a: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/noticias/espana-termina-2023-con-mas-de-94000-operadores-de-drones-registrados-en-aesa>
 - 4.** Concepto U-space | Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible [Internet]. [citat 31 octubre 2024]. Disponible a: <https://www.transportes.gob.es/aviacion-civil/politica-espacio-aereo/portal-para-la-coordinacion-del-u-space-en-espana/concepto-uspace>
 - 5.** DCA. Olot prova amb èxit el transport de mostres biològiques amb drons [Internet]. DCA. 2023 [citat 14 desembre 2023]. Disponible a: <https://dca.cat/ca/2023/05/olot-prova-amb-exit-el-transport-de-mostres-biologiques-amb-drons/>
 - 6.** Sant Esteve d'en Bas.pdf [Internet]. [citat 9 octubre 2024]. Disponible a: <https://www.ddgi.cat/municipis/ValldenBas/mapes/Sant%20Esteve%20d%27en%20Bas.pdf>
 - 7.** adr_2023__volumen_i_.pdf [Internet]. [citat 9 octubre 2024]. Disponible a: https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/mitma/docs/adr_2023__volumen_i_.pdf
 - 8.** dgr-65-es-pi650.pdf [Internet]. [citat 9 octubre 2024]. Disponible a: <https://www.iata.org/contentassets/b08040a138dc4442a4f066e6fb99fe2a/dgr-65-es-pi650.pdf>
 - 9.** Operaciones con UAS/Drones - Categoría Específica | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [citat 24 gener 2024]. Disponible a: <https://www.seguridadaerea.gob.es/es/ambitos/drones/operaciones-uas-drones/operaciones-con-uas-drones---categoria-especifica>
 - 10.** ENAIRE Drones [Internet]. [citat 14 desembre 2023]. Disponible a: <https://drones.enaire.es/>
 - 11.** Calculo GEI CeroCO [Internet]. [citat 25 octubre 2024]. Disponible a: <https://www.ceroco2.org/calculadoras/home>
 - 12.** Factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico. Cambio climático [Internet]. [citat 10 octubre 2024]. Disponible a: https://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/factors_demissio_associats_a_lenergia/
 - 13.** guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf [Internet]. [citat 10 octubre 2024]. Disponible a: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
-

ANNEX I: Escala SUS

L'escala SUS és una escala d'usabilitat que consisteix en 10 ítems en escala Likert. Aquesta escala assigna un valor de l'1 al 5 a les respostes de les preguntes des del Totalment en desacord (1) fins al totalment d'acord (5):

	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NEUTRAL	EN ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1. Me gustaría utilizar este sistema más a menudo					
2. Me parece que este sistema es más complicado de lo que debería ser					
3. Creo que el sistema es sencillo y fácil de usar					
4. Necesito apoyo técnico para utilizar este sistema					
5. Creo que el sistema funciona bien y está bien integrado					
6. Creo que hay muchas irregularidades en el sistema					
7. Creo que la mayoría de gente puede aprender de este sistema rápidamente					
8. Creo que este sistema requiere mucho tiempo					
9. Me siento seguro al utilizar este sistema					
10. Creo que hay muchas cosas que aprender antes de poder empezar a utilizar este sistema					