



PRUEBA DE CONEPTO DE TRANSPORTE DE MUESTRAS BIOLÓGICAS CON DRON EN LA GARROTXA



Generalitat de Catalunya
Fundació TIC Salut i Social



Generalitat de Catalunya
**Centre de Telecomunicacions
i Tecnologies de la Informació**



© Fundació TIC Salut i Social

Este proyecto es fruto de la colaboración entre el Área de Atención Digital Personalizada de la Fundación TIC Salut Social, el Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, la Fundación Hospital de Olot y Comarcal de la Garrotxa, T-Systems y el BCN Drone Center.

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

Edición electrónica: Noviembre 2024

Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento – No Comercial – Sin Obras Derivadas 4.0 de Creative Commons. Se permite su reproducción, distribución y comunicación pública siempre que se reconozca la autoría y la entidad editora y no se haga un uso comercial. No se permite la transformación de esta obra para generar una obra derivada.



Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a las entidades que han hecho posible la realización de este proyecto. Su valiosa colaboración y compromiso han sido fundamentales para el desarrollo del mismo.

En primer lugar, queremos nombrar al Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, por la confianza y el apoyo en el desarrollo del proyecto, participando activamente en su diseño, ejecución y evaluación.

A continuación, a la Fundación Hospital de Olot y Comarcal de la Garrotxa, especialmente a sus profesionales, por su participación en la identificación de necesidades y el apoyo en la ejecución del proyecto y el análisis de resultados.

Finalmente, a T-Systems y al BCN Drone Center, por el trabajo realizado y el soporte tecnológico que ha permitido llevar a cabo la operativa de vuelo y disponer de un dron con las capacidades tecnológicas necesarias para la ejecución del proyecto.

Contacto

Correo electrónico:

adp@ticsalutsocial.cat

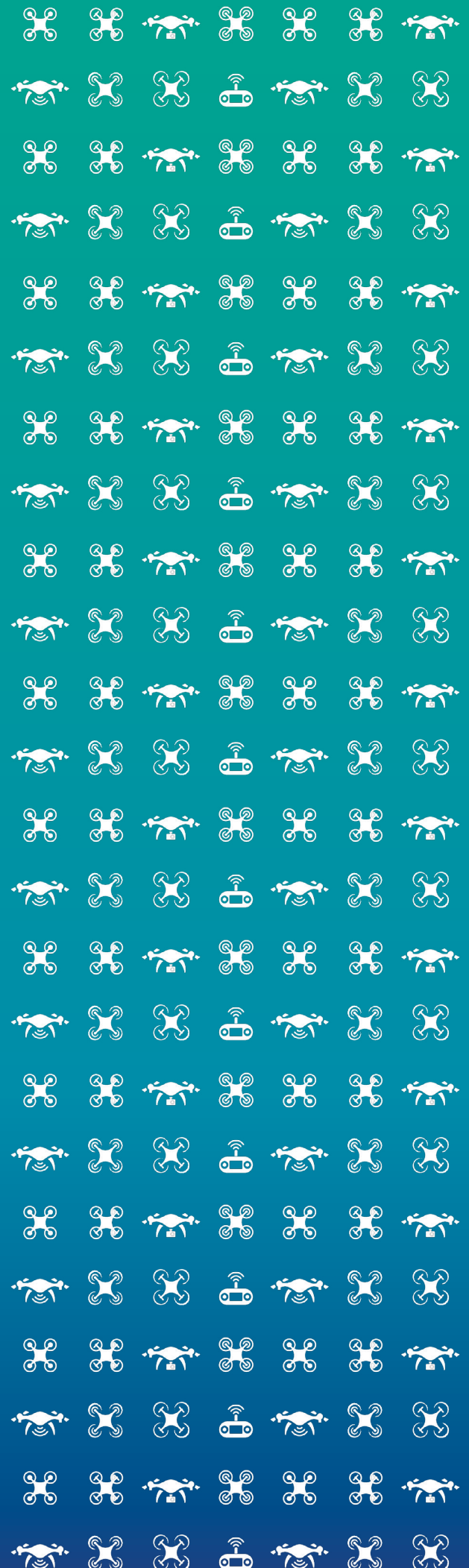
Teléfono:

+34 935 532 642

Responsable Área de Atención

Digital Personalizada:

Núria Abdón Gimenez



ÍNDICE



1.	Introducción	6
2.	Contexto teórico	11
3.	Estado del arte	13
4.	Metodología	16
5.	Pilotaje	30
6.	Evaluación de resultados	32
7.	Discusión	45
8.	Conclusiones	48
9.	Referencias	50



Índice de figuras

Figura 1. Workflow del proyecto	10
Figura 2. Comarca de la Garrotxa. (1.Hospital de Olot - 2.CAP Vall d'en Bas)	18
Figura 3. Captura de Google Maps de los centros seleccionados de la comarca de la Garrotxa y la Vall d'en Bas	19
Figura 4. Mapa municipal de Sant Esteve d'en Bas y CAP Vall d'en Bas (círculo rojo). (7)	19
Figura 5. Dron eVTOL utilizado para el proyecto, junto con su base.	20
Figura 6. Centros seleccionados para el pilotaje (captura de pantalla de Google Maps)	22
Figura 7. Zona de vuelo desde el CAP Vall d'en Bas (en verde) hasta el Hospital de Olot (en azul)	23
Figura 8. Zona de vuelo dentro del Parque Natural de la Zona Volcánica de la Garrotxa	23
Figura 9. Zona de aterrizaje del dron en el Hospital de Olot	24
Figura 10. Flujo asistencial en el CAP Vall d'en Bas	24
Figura 11. Flujo asistencial en el Hospital de Olot	25
Figura 12. Dimensiones de los indicadores	26
Figura 13. Rutas por carretera entre el CAP de Sant Esteve d'en Bas y el Hospital de Olot	29
Figura 14. Número de muestras transportadas con dron y furgoneta	33
Figura 15. Puntuación SUS	35
Figura 16. Resultados Escala SUS usabilidad	36
Figura 17. Resultados Escala SUS competencias profesionales	36
Figura 18. Resultados Escala SUS preguntas del proceso asistencial	37
Figura 19. Resultados Escala SUS preguntas del proceso asistencial	37
Figura 20. Bland-Altman del índice de hemólisis, resultados del dron respecto a la furgoneta	39
Figura 21. Bland-Altman de la concentración de potasio, resultados del dron respecto a la furgoneta	40
Figura 22. Bland-Altman de la concentración de LDH, resultados del dron respecto a la furgoneta	40
Figura 23. Bland-Altman de la concentración de glucosa, resultados del dron respecto a la furgoneta	41
Figura 24. Correlación de las diferencias de la concentración de potasio respecto al índice de hemólisis	42
Figura 25. Correlación de las diferencias de la concentración de LDH respecto al índice de hemólisis	42
Figura 26. Correlación de las diferencias de la concentración de glucosa respecto al índice de hemólisis	42
Figura 27. Distribución de costes del servicio de transporte con dron del proyecto	43

Índice de tablas

Taula 1. Condiciones meteorológicas en la Vall d'en Bas en las franjas horarias de operación	31
Taula 2. Meteorología en la Estación de Olot durante las franjas horarias de operación	31
Taula 3. Horas de transporte con dron y furgoneta	34
Taula 4. Tiempo de transporte con dron y furgoneta	34
Taula 5. Media y desviación típica de cada variable de laboratorio para todas las muestras transportadas con dron y furgoneta, diferencia y porcentaje de la diferencia	38

1. Introducción



1.1. Motivación



1.2. Objetivos



1.3. Alcance



1.4. Fases del proyecto

Los drones se han convertido en una herramienta innovadora en el ámbito de la salud, facilitando una distribución rápida y eficiente de medicamentos, vacunas, muestras y equipamiento entre los diferentes actores del ecosistema sanitario. Además, estos dispositivos permiten la provisión de recursos y la supervisión aérea en situaciones de emergencia, gracias a su facilidad de acceso a zonas rurales o áreas urbanas congestionadas. Su uso está revolucionando la manera en que se accede y se presta asistencia médica en todo el mundo.

Un **dron** es un vehículo aéreo no tripulado que puede pilotarse a distancia o volar de forma autónoma, obedeciendo las órdenes de un programa informático. Inicialmente utilizados en ámbitos militares, actualmente los drones tienen aplicaciones en diversas áreas como la **fotografía, la agricultura, el transporte y la salud**. Están equipados con cámaras, sensores u otras tecnologías para recoger datos o realizar tareas específicas. Gracias a su versatilidad, se han popularizado tanto en el ámbito comercial como recreativo.

En febrero de 2023, la **Fundació TIC Salut i Social** recibió el encargo de la Comisión de Innovación del Departamento de Salud para diseñar y modelar la integración de drones en el sistema sanitario catalán. Desde entonces se han llevado a cabo diversas acciones: la constitución de **un grupo de trabajo** (con la participación de patronales de salud, entidades sanitarias, el Sistema de Emergencias Médicas –SEM– y expertos en TIC y tecnología dron), la elaboración de una **infografía explicativa** (1) **sobre el uso de drones en el ámbito sanitario** y la redacción de un **informe de integración de drones en el entorno de la Salud** (2), en el que se exponen los principales aspectos para integrar esta tecnología en el ámbito sanitario.

Una de las tareas asignadas ha sido la **identificación de proyectos con tecnología dron aplicable a la salud**. La Fundación TIC Salut Social ha generado un espacio que permite la búsqueda de proyectos en el territorio catalán, identificando necesidades para el posterior diseño y ejecución de proyectos. La prueba de **concepto de transporte de muestras biológicas con dron en la Garrotxa** se enmarca dentro de este encargo. El proyecto consiste en una prueba de concepto (PoC) para el transporte de muestras biológicas desde el Centro de Atención Primaria (CAP) Vall d'en Bas hasta el laboratorio de análisis de la Fundación Hospital de Olot y Comarcal de la Garrotxa.

En este documento se presentan los **resultados obtenidos** con la ejecución del proyecto, impulsado por el área de innovación del Centro de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CTTI-Innovación) y la Fundación TIC Salut Social, y que ha contado con la participación de la Fundación Hospital de Olot y Comarcal de la Garrotxa y el BCN Drone Center.

1.1. Motivación

En el sistema sanitario catalán, el transporte de muestras biológicas desde las Áreas Básicas de Salud (ABS) a los laboratorios de análisis de los centros hospitalarios o de referencia se integra dentro del ámbito logístico. El transporte se realiza por carretera mediante furgoneta y, generalmente, con una única recogida y entrega por la mañana.

Las **ABS situadas en zonas rurales** presentan diversas dificultades logísticas, ya que en ocasiones tienen **poca conectividad y accesibilidad limitada**, y el transporte se realiza por carreteras con numerosos tramos sinuosos. Esto incrementa notablemente el tiempo de transporte

y puede aumentar la hemólisis de las muestras. **La hemólisis, o ruptura de los glóbulos rojos**, provoca la liberación de su contenido (potasio, LDH, etc.) al plasma sanguíneo y eleva los niveles de estas variables, **que pueden aparecer alteradas en el análisis de laboratorio**.

Lo mismo puede suceder cuando el tiempo de transporte es excesivo: el intervalo entre la extracción de la muestra y su análisis **puede alterar los niveles de glucosa y LDH**, entre otros parámetros. Aunque en muchos casos el índice de hemólisis y el tiempo de transporte por carretera no alcanzan valores suficientemente elevados como para provocar alteraciones

clínicamente relevantes, el objetivo óptimo es reducirlos al máximo.

La **integración de drones** dentro del proceso asistencial se plantea **como una herramienta que permitirá mejorar la eficiencia del transporte**, reduciendo el tiempo de traslado —al poder desplazarse en línea recta—, aumentando la **estabilidad y calidad** del mismo y, si se considera conveniente, incrementando su frecuencia respecto al transporte actual. **Estas mejoras pueden no solo agilizar la cadena logística, sino también mejorar la calidad de las muestras al minimizar el tiempo entre la recogida y el análisis.**



1.2. Objetivos

Este proyecto tiene como objetivo **evaluar la utilidad de los drones como método de transporte de muestras biológicas** entre centros de atención primaria y centros hospitalarios, y establecer las bases para una implementación más amplia y efectiva de esta tecnología en el sistema sanitario catalán, con el fin de mejorar la eficiencia y la calidad de los

servicios en un futuro próximo.

Para ello, el proyecto se ha centrado en la realización de una **prueba de concepto de transporte de muestras biológicas con drones** y en la evaluación de los resultados en comparación con el transporte simultáneo en furgoneta.

Esta prueba permite avanzar en la definición de un modelo operativo y de gestión escalable al sistema sanitario catalán.

Para valorar la utilidad de los drones, tanto en lo relativo a los aspectos asistenciales como a los operativos de la ruta, **se han definido los siguientes objetivos secundarios en el proyecto:**



Comparar los tiempos de transporte y evaluar el flujo asistencial de los centros implicados para el transporte con dron y furgoneta.



Evaluar el impacto del transporte con dron en la calidad de las muestras, controlando las condiciones de transporte (temperatura y grado de agitación) y comparando los valores obtenidos en laboratorio (índice de hemólisis, concentraciones de potasio y glucosa y nivel de lactato deshidrogenasa) respecto al transporte en furgoneta.



Evaluar los costes y el impacto medioambiental del transporte con dron en comparación con el transporte en furgoneta, incluyendo el coste del personal implicado, el equipamiento y la huella de carbono.

1.3. Alcance

El diseño y despliegue de la prueba de concepto de transporte de muestras biológicas se ha llevado a cabo en la **zona de la Garrotxa**, dentro de la región sanitaria de Girona. El proyecto se ha definido mediante un análisis exhaustivo de las **necesidades sanitarias, técnicas y operativas** para diseñar un proceso adecuado de integración de drones en el transporte. Esto incluye la identificación de los recursos necesarios, los profesionales que deben participar y la determinación del tipo de dron necesario para cada caso de uso y cada entorno asistencial.

La prueba de concepto se ha realizado entre la Fundación Hospital de Olot y Comarcal de la Garrotxa (en adelante, Hospital de Olot) y el CAP Vall d'en Bas, ubicado en Sant Esteve d'en Bas, que se encuentra dentro del área de influencia del Hospital. Se han excluido de la prueba otros centros del área de influencia del hospital, así como centros de otras entidades proveedoras.

El proyecto se ha centrado en el transporte de muestras de sangre. Queda fuera del alcance del proyecto

el transporte logístico de otras muestras biológicas o recursos como equipamiento médico, así como el transporte urgente (no programado) de muestras y recursos.

Se ha definido una **duración de dos semanas**, durante las cuales se ha realizado el transporte con dron de muestras de sangre extraídas a pacientes del CAP Vall d'en Bas hasta el laboratorio del Hospital de Olot. Para poder realizar la comparativa entre dron y furgoneta, se ha duplicado el servicio, sin sustituirlo.



1.4. Fases del proyecto

La ejecución del proyecto se ha realizado en las siguientes etapas:



Figura 1. Flujo de trabajo del proyecto

En primer lugar, se han identificado los **requisitos del proyecto**, incluyendo el análisis del entorno de pilotaje, el dron a utilizar y el embalaje adecuado para el transporte de muestras.

A continuación, se ha realizado el **diseño del pilotaje**, en el que se ha definido la operativa de vuelo, el flujo asistencial de las muestras en el CAP y en el hospital, así como los

indicadores que se recogerían durante el pilotaje. A continuación, se ha definido **el modelo de evaluación de los indicadores**.

Después, se ha desarrollado la **fase de pilotaje y recogida de datos** y, finalmente, **el análisis e interpretación de los resultados** a partir de los indicadores definidos. La última fase ha sido **la comunicación**

de los resultados del proyecto.

A lo largo de todo el proyecto se han llevado a cabo reuniones y sesiones de trabajo con todos los miembros colaboradores, lo que ha permitido ejecutar cada una de las etapas de forma colaborativa y con el acuerdo previo de todas las partes.

2. Contexto teórico

El uso de drones en el ámbito de la salud es una **innovación tecnológica** con un gran potencial para mejorar el acceso a los servicios médicos. Un dron es un vehículo aéreo no tripulado (VANT) (*unmanned/uncrewed aerial vehicle*, UAV, en inglés) que puede pilotarse a distancia o volar de forma autónoma, obedeciendo las órdenes de un programa informático. El término dron es un neologismo del inglés drone y hace referencia exclusivamente a la aeronave (2).

Para implementar una **operativa eficiente** con sistemas de aeronaves no tripuladas en el ámbito de la salud, es necesario seguir una serie de pasos que garanticen **la seguridad, la eficacia y la fiabilidad del servicio**. Esta operativa incluye la planificación, el cumplimiento de las regulaciones, la preparación del dron y de los materiales médicos, y la coordinación con los equipos sanitarios para una respuesta precisa y adecuada.

El término que designa el sistema necesario para la operación es **uncrewed aerial system (UAS)** o sistema aéreo no tripulado, que incluye el dron y el conjunto de equipamiento e infraestructuras formado por la aeronave, el radioenlace y la infraestructura terrestre (antenas y estación de tierra).

En España, el uso de drones ha experimentado un notable incremento en los últimos años. Al finalizar el año 2023 había registrados más de 94.000 operadores de drones, lo que representa un aumento del 32 % respecto al año anterior. Esta expansión se debe en gran parte a la implementación de la **nueva normativa europea que regula el uso de drones**, vigente desde enero de 2021. Este marco legal ha facilitado una mayor flexibilidad e incentivado tanto el registro de operadores recreativos como el desarrollo de operaciones más complejas, que pueden llevarse a cabo con mayor facilidad en zonas rurales (3). Este marco normativo está compuesto por dos regulaciones principales (2):

- Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019, relativo a las normas y procedimientos aplicables a la utilización de aeronaves no tripuladas. Este reglamento define los requisitos mínimos y los aspectos clave para operar drones en Europa.

- Reglamento Delegado (UE) 2019/945 de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países. Este reglamento establece los requisitos técnicos específicos de los drones en Europa.

Además, los Reglamentos de Ejecución (UE) 2021/664, 2021/665 y 2021/666 regulan el concepto de U-Space.

El concepto de U-Space hace referencia al conjunto de sistemas, servicios y procedimientos específicos diseñados para permitir un acceso seguro, eficiente y asequible al espacio aéreo para las operaciones con UAS.

Para más información sobre los drones y su contexto, se puede consultar el [Informe de integración de drones en el entorno de salud, publicado en la web de la Fundació TIC Salut i Social](#).

3. Estado del arte



3.1. Experiencias en
el Sistema Sanitario



3.2. Otras experiencias

El estado del arte en proyectos de drones aplicados al ámbito sanitario refleja una evolución tecnológica y operativa acelerada en los últimos años, impulsada por la necesidad de mejorar la eficiencia y la accesibilidad de los servicios de salud.

Los proyectos destacan por la **colaboración entre instituciones públicas, empresas tecnológicas y organizaciones sanitarias**, que desarrollan modelos de uso de drones con el objetivo de crear sistemas de transporte autónomos, seguros y eficientes.



3.1. Experiencias en el sistema sanitario catalán

En una iniciativa liderada por el Hospital de Olot, el 3 de mayo de 2023 se realizó con éxito una **prueba piloto de un día** para transportar muestras biológicas mediante un dron desde un centro de atención primaria hasta el Hospital de Olot (5). El objetivo era validar si era

posible realizar el transporte y que las muestras llegaran en buen estado.

Los resultados fueron satisfactorios y se obtuvieron a partir de una reducción del tiempo de transporte del 43 %, el mantenimiento de la calidad del transporte en

lo referente a la temperatura y la agitación, y una disminución de las emisiones de CO² del 80,4 %. Esta prueba abrió la puerta a la realización **de una prueba de concepto de mayor duración** para evaluar con más detalle la eficiencia y utilidad de este tipo de transporte.

3.2. Otras experiencias

A escala nacional y europea se han desarrollado **diversas pruebas** que implican el transporte de muestras biológicas mediante dron. Algunas de estas experiencias incluyen el transporte de muestras críticas en 2020 desde 13 centros médicos y hospitales hasta un laboratorio de análisis en Berlín. En 2023, la Oficina Federal de Aviación Alemana autorizó su plataforma de

entrega con drones para vuelos más allá de la línea visual (2).

Otro ejemplo de implantación exitosa es el procedimiento de entrega de sangre mediante dron en Ruanda. Este circuito asistencial permite a los profesionales de los centros solicitar el envío de sangre desde el centro nacional de transfusiones mediante un mensaje de

texto desde el teléfono móvil.

Para más información sobre experiencias de uso de drones en salud a **nivel internacional**, se puede consultar el [Informe de integración de drones en el entorno de salud, elaborado por la Fundació TIC Salut i Social](#).



4. Metodología



4.1. Análisis de los requisitos

4.1.1. Características del entorno

4.1.2. Tipología de dron

4.1.3. Transporte de muestras biológicas



4.2. Diseño del pilotaje

4.2.1. Operativa de vuelo

4.2.2. Flujo asistencial

4.2.3. Indicadores



4.3. Modelo de evaluación

4.3.1. Logística

4.3.2. Usabilidad

4.3.3. Calidad de las muestras

4.3.4. Impacto económico y ambiental

La metodología para el desarrollo e implementación del proyecto incluye una serie de fases estructuradas para garantizar que el proyecto sea **viable, seguro y adecuado** a las necesidades específicas identificadas. Esta metodología abarca el análisis de los requisitos necesarios, el diseño del pilotaje y el modelo de evaluación, **con el objetivo de garantizar el correcto despliegue de la ruta de transporte y una valoración precisa de los resultados obtenidos durante el proyecto.**



4.1. Análisi de requisitos

Se analizaron las características del entorno de los centros de pilotaje, el

tipo de dron adecuado y los requisitos necesarios para poder transportar y

analizar correctamente las muestras de sangre.

4.1.1. Características del entorno

Las características del entorno se estudiaron en **tres fases**: primero se analizó la zona del Hospital de Olot y, posteriormente, el entorno de la Vall d'en Bas, donde se ubica el CAP Vall d'en Bas.

El Hospital de Olot y Comarcal de la Garrotxa se encuentra en la ciudad de Olot, capital de la comarca de la Garrotxa, en la provincia de Girona, Cataluña. El hospital está situado en las afueras de la ciudad, en el barrio de Sant Jaume, en una zona accesible pero alejada del núcleo urbano, lo que permite un entorno más tranquilo y menos congestionado, favoreciendo

la accesibilidad tanto para los pacientes como para los vehículos de emergencia.

El entorno del hospital se caracteriza por su proximidad al Parque Natural de la Zona Volcánica de la Garrotxa, una región conocida por sus paisajes volcánicos y su riqueza natural. Esta ubicación ofrece un entorno verde y natural en los alrededores del hospital, con vistas a los volcanes de Santa Margarida y Croscat, y proporciona a pacientes y trabajadores un entorno visualmente agradable y saludable.

Desde el punto de vista logístico,

el Hospital de Olot está bien comunicado por carretera, con conexiones a la autovía C-37 y la carretera N-260, lo que facilita el acceso tanto desde la propia ciudad de Olot como desde poblaciones cercanas. Esta ubicación resulta estratégica para ofrecer servicios sanitarios no solo a la ciudad de Olot, sino también a otros municipios de la Garrotxa, cobrando especial importancia en la atención a zonas rurales y de difícil acceso, donde los drones podrían tener un gran impacto en términos de transporte **médico rápido y eficiente**.



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

El **CAP Vall d'en Bas** se sitúa dentro del valle del mismo nombre. La Vall d'en Bas tiene una orientación sur-norte, desde el Coll d'Uria en el extremo sur, siguiendo la dirección marcada por la C-153 hasta el Polígono Industrial La Serra y paralela al río Fluvià hasta El Mallol, continuando hasta La Pinya, donde alcanza su extremo norte en la bifurcación de las carreteras hacia

Riudaura (oeste) y Olot (este).

Su flanco este limita con el Parque Natural de los Volcanes de la Garrotxa a lo largo de la sierra del Corb, el volcán del Racó, el parque de la Pedra Tosca y las riberas del Fluvià y del Riudaura. Por otro lado, su zona occidental limita al sur con la sierra dels Llancers y el Puigsacalm.

Entre estos dos accidentes geográficos discurre la C-37, principal acceso a la comarca desde el suroeste tras la salida del túnel de Bracons. Desde este punto, el valle se extiende en dirección norte bordeando el macizo de Magdalena y la sierra de Freixenal.

En la siguiente imagen se aprecia la situación del Hospital de Olot respecto al CAP de Sant Esteve d'en Bas.

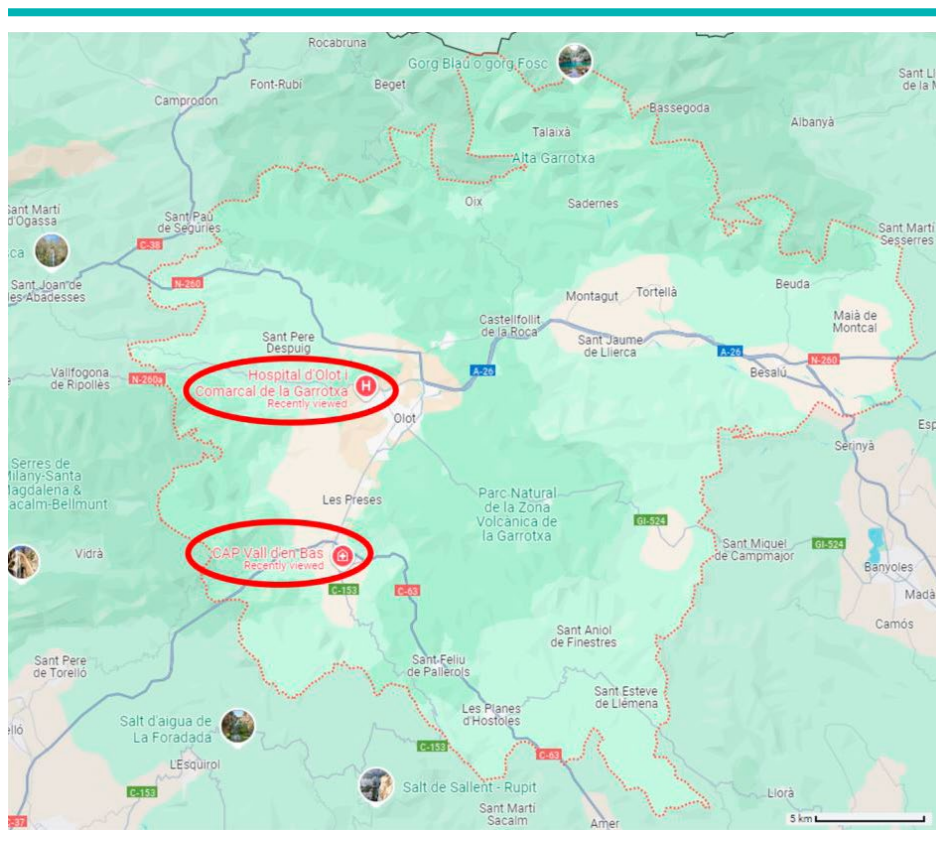


Figura 3. Captura de Google Maps de los centros seleccionados de la comarca de la Garrotxa y la Vall d'en Bas

El CAP Vall d'en Bas, ubicado en Sant Esteve d'en Bas, se sitúa en la zona sudeste de la población y a menos de 150 metros de la carretera comarcal C-153, que marca el límite occidental del municipio. El CAP dispone de una zona verde anexa al centro. La figura 4 muestra un mapa de Sant Esteve d'en Bas, donde se puede observar la **ubicación del CAP**.

Su localización facilita la obtención de permisos de vuelo, y la zona verde anexa facilita el aterrizaje.

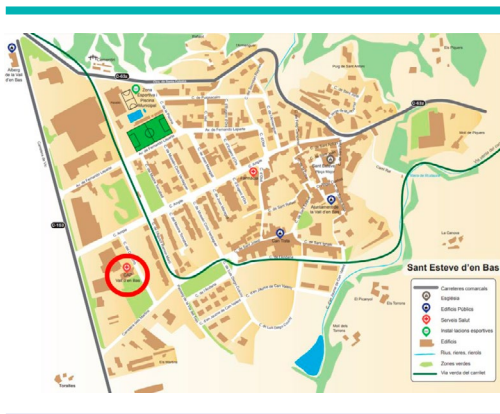


Figura 4. Mapa municipal de Sant Esteve d'en Bas y CAP Vall d'en Bas (círculo rojo) (7)

4.1.2. Tipología de dron

El modelo de dron seleccionado debía cumplir los requisitos del proyecto, **garantizando las necesidades técnicas y logísticas**, así como

una serie de características para poder volar en el entorno seleccionado. El dron escogido

es un dron eléctrico de **tipo VTOL** (*vertical take-off and landing*), es decir, un **eVTOL**.



Figura 5. Dron eVTOL utilizado para el proyecto, junto con su base

La capacidad de despegue y aterrizaje vertical de los drones VTOL permite operar en **espacios reducidos** (de tan solo 5 metros de diámetro) que originalmente no estaban destinados a este fin. Esto los hace mucho más **adaptables para despegar y aterrizar en la zona de la ABS del Hospital**, permitiendo que estas zonas estén más próximas a los puntos de entrega y recepción de la carga.

El modelo de dron utilizado en este proyecto es el **Eiger de Rigittech**. Este dron tiene una longitud de 166 cm y una envergadura de 240 cm, con un peso en vacío de 10,5 kg.

Dispone de un **compartimento de carga** de 15 litros en el caso de una única caja, o bien de dos compartimentos de 6 litros. La carga máxima que puede transportar es de 2,5 kg.

La **autonomía de vuelo** de este dron es de 80 km. En el proyecto, la operativa del dron se ha calculado para unos 20 km, por lo que se adapta adecuadamente a los requisitos establecidos.

Funciona con **baterías eléctricas**, lo que permite reducir las emisiones contaminantes y, por tanto, el impacto medioambiental.

Este dron **eVTOL dispone de alas y dos conjuntos de hélices**. En la fase de vuelo vertical (despegue y aterrizaje) utiliza cuatro hélices que permiten alcanzar una velocidad aproximada de 12 km/h hasta la altitud deseada. Una vez alcanzada dicha altura, cambia a modo de vuelo horizontal. Mediante las alas y una hélice adicional, el dron puede volar de forma más rápida y eficiente, alcanzando una velocidad de crucero de 100 km/h. Durante el vuelo horizontal presenta una elevada eficiencia energética.

4.1.3. Transporte de muestras biológicas

Para llevar a cabo el transporte de muestras se tuvo en cuenta la **normativa vigente que regula el transporte, el embalaje y las condiciones requeridas**. Asimismo, se definieron las variables de **laboratorio** necesarias para evaluar la calidad de las muestras transportadas.

Las muestras de sangre están designadas con el **número ONU 3373**, dentro de los criterios establecidos bajo la denominación de **“sustancia biológica de categoría B”**, tal y como se indica en las páginas 232 y 233 del Acuerdo Europeo sobre Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera

(ADR) de 2023 (8).

Por lo tanto, de acuerdo con esta categorización, el embalaje utilizado debe **cumplir con la instrucción de embalaje P650 (9)**. Esta instrucción establece que el embalaje de las muestras debe constar de **tres capas diferenciadas**:



Embalaje primario:

En el caso de muestras líquidas, el/los embalajes primarios deben ser estancos y con una capacidad inferior a 1 litro. Además, en caso de múltiples recipientes primarios, estos deben estar separados para evitar el contacto entre ellos.



Embalaje secundario:

Debe ser estanco y contener material absorbente.



Embalaje exterior rígido:

Puede contener un volumen máximo de 4 litros, incluyendo el volumen del hielo seco, hielo húmedo o placas de frío utilizadas.

Para poder evaluar la **calidad de las muestras transportadas** se consideró el uso de sensores de temperatura y de impacto tanto para el transporte con dron como con furgoneta.

Para evaluar el impacto, se definió que el sensor generaría una alerta si detectaba más de tres impactos. Por otra parte, se estableció el rango de temperatura de entre 5 y 20 °C como rango adecuado para el transporte de sangre. Si se superaban los umbrales de este rango, el sensor también generaría una alerta. **En ausencia de alertas durante el transporte, se consideraría que las condiciones de transporte habían sido adecuadas.**

Finalmente, para evaluar la calidad de las muestras transportadas, se

decidió comparar los **resultados de las siguientes variables de laboratorio: índice de hemólisis y concentraciones de potasio, lactato deshidrogenasa (LDH) y glucosa**. Estas variables permiten detectar posibles alteraciones durante el transporte, teniendo en cuenta que un aumento de la hemólisis puede incrementar los niveles de **potasio y LDH**.

Por otro lado, se tuvieron en cuenta los **rangos de referencia** (valores considerados normales en ausencia de alteraciones fisiológicas) de cada variable para evaluar si los valores obtenidos se mantenían dentro de la normalidad en ambos transportes.

Los rangos de referencia son:



Índice de hemólisis:

0 - 50 (donde 0 representa ausencia de hemólisis, valor óptimo)



Concentración de potasio:

3 - 5 mmol/L



Concentración de LDH:

60 - 160 U/L



Concentración de glucosa:

70 - 100 mg/dL

4.2. Diseño del pilotaje

Una vez analizados los requisitos, se llevó a cabo el **diseño de la operativa de vuelo** necesaria para el transporte con

dron, el **flujo asistencial** del transporte y la **definición de los indicadores** para la evaluación de la ruta.

4.2.1. Operativa de vuelo

La definición de la operativa de vuelo implicó **dos partes** diferenciadas: la definición de la trayectoria del dron y la definición de las zonas de despegue y

aterrizaje.

La **trayectoria realizada** tiene como origen el CAP Vall d'en Bas

y como destino el Hospital de Olot. La **ubicación** de los dos centros de pilotaje se muestra en la siguiente imagen:

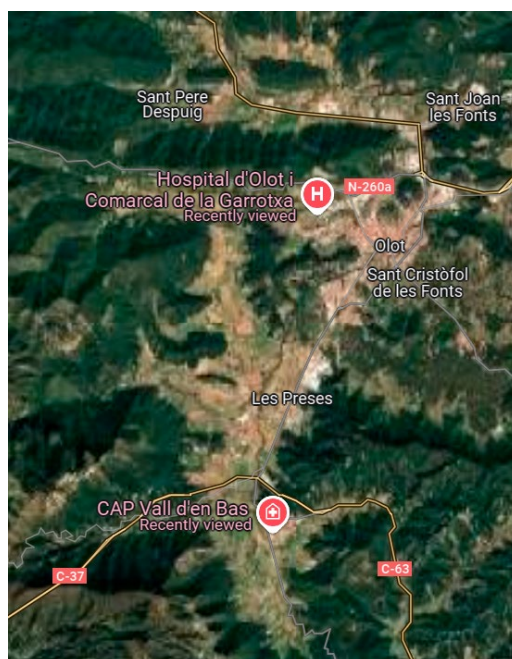


Figura 6. Centros seleccionados para el pilotaje (captura de pantalla de Google Maps)

La **definición de la trayectoria** se realizó bajo el marco operativo avalado por el certificado de operador ligero de **UAS (LUC)**¹, (10) de la empresa operadora del vuelo. Esta certificación permite al operador de vuelo autocertificar vuelos con dron si se cumplen **determinados requisitos relativos a la densidad**

de población, la zona de vuelo y las características del dron utilizado.

La trayectoria se definió en **dos tramos**, teniendo en cuenta las características de la zona y, especialmente, la presencia del Parque Natural de la Zona Volcánica de la Garrotxa. La figura 7 muestra la zona

de vuelo definida, en la que se optó por minimizar la distancia recorrida dentro del territorio del Parque Natural (zona sombreada en marrón a la derecha de la imagen). La figura corresponde a una captura de pantalla del **simulador de ENAIRE Drones** (11), extraída el 28 de mayo de 2024, en la que se aprecia la ruta de vuelo.

¹ LUC El LUC (*light UAS operator certificate*, certificado de operador ligero de UAS) es una certificación emitida por la autoridad de aviación civil que autoriza a una organización a operar drones dentro de la Unión Europea con un cierto grado de autonomía y flexibilidad. Este certificado es otorgado por la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) y permite a los operadores de drones realizar operaciones de riesgo medio y alto sin necesidad de solicitar autorización previa para cada vuelo, siempre que se cumplan los estándares y procedimientos establecidos en el LUC.

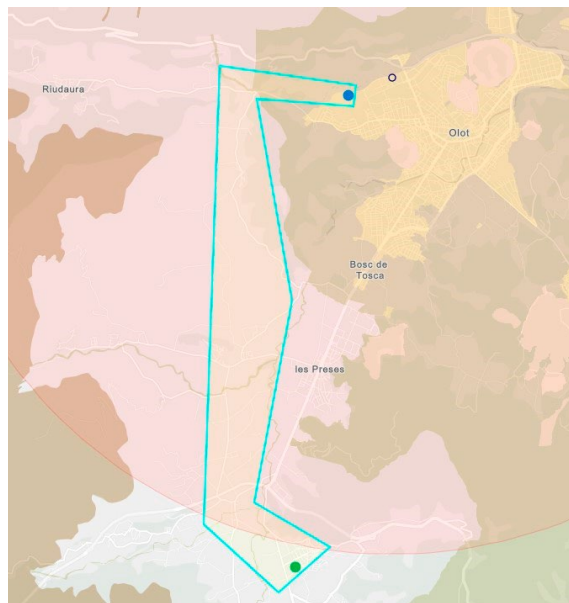


Figura 7. Zona de vuelo desde el CAP Vall d'en Bas (en verde) hasta el Hospital de Olot (en azul)

En el primer tramo del trayecto, desde el despegue en el CAP Vall d'en Bas, se definió una ruta en dirección norte a lo largo de la zona central del valle, evitando así el Parque Natural. Esta área, con una alta presencia de campos de cultivo, permitió reducir los riesgos tanto en tierra como en el aire, minimizando el impacto sobre áreas protegidas y otros espacios aéreos de uso prioritario por otras aeronaves.

Además, el relieve orográfico de la zona permitió mantener una altitud de vuelo por debajo de los 120 metros sobre el terreno (AGL). Esta dirección se mantuvo hasta la bifurcación de la carretera GIV-5224 con la carretera GIP-5233 (carretera Riudaura–Olot).

El segundo tramo de la ruta, desde la bifurcación hasta la zona de aterrizaje en el Hospital de Olot, tuvo

que realizarse inevitablemente a través de territorio del Parque Natural desde el sector de La Pinya, tal y como se observa en la siguiente imagen. Se evitaron los sectores del volcán de Montolivet y de la Muntanya Pelada, considerados zonas de alto interés faunístico.

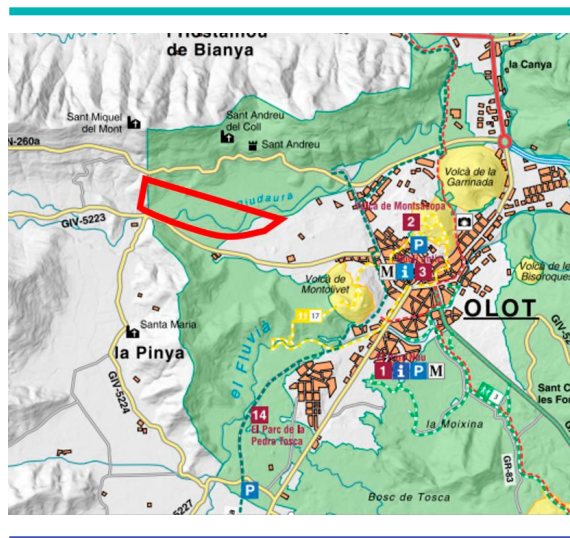


Figura 8. Zona de vuelo dentro del Parque Natural de la Zona Volcánica de la Garrotxa

Además de reducir la distancia recorrida dentro del Parque Natural, con el objetivo de generar el menor impacto posible del dron sobre la fauna local, se optó por reducir el número de días de pilotaje a un total de cinco durante las dos semanas.

Por tanto, se definieron **cinco trayectos de ida y vuelta** con una duración máxima de 10 minutos, de los cuales, como máximo, 1,5 minutos

transcurrían dentro del territorio del Parque Natural.

Finalmente, **se definieron las zonas de despegue y aterrizaje en los centros**. Para el despegue en el CAP Vall d'en Bas se delimitó una zona en un terreno anexo al centro, donde se desplegó el equipamiento de apoyo al despegue.

En el Hospital de Olot se definieron

dos zonas (muelle de carga y zona anexa al muelle de carga), previamente validadas por motivos de seguridad, operatividad (tránsito de vehículos y personas) y conectividad GPS. Estas zonas se definieron lo más cerca posible del laboratorio de análisis del Hospital (aproximadamente 50 metros en el caso de la zona anexa al muelle de carga).



Figura 9. Zona de aterrizaje del dron en el Hospital de Olot

4.2.2. Flujo asistencial

Se definió un **flujo asistencial** para operativizar el transporte, compuesto por **cuatro fases** diferenciadas, que implican a **profesionales y ubicaciones** distintas en cada caso.

1. Recogida de las muestras en el CAP Vall d'en Bas
2. Transporte de las muestras del CAP Vall d'en Bas al Hospital de Olot
3. Recepción y análisis de las muestras en el Hospital de Olot
4. Vuelta del dron al CAP Vall d'en Bas

Para poder realizar la **comparativa entre el transporte con dron y con furgoneta**, se decidió que a todos los pacientes participantes en el proyecto se les extraerían dos tubos de sangre. Todas las muestras extraídas en

condiciones ordinarias viajarían con dron y, adicionalmente, se extraería **un tubo extra de sangre** que se transportaría siguiendo la logística habitual, en furgoneta. De este modo, se podrían comparar los resultados del

transporte de las muestras de sangre.

La fase de recogida de muestras en el CAP Vall d'en Bas fue definida por el personal de enfermería del centro y se desarrolló de la siguiente manera:

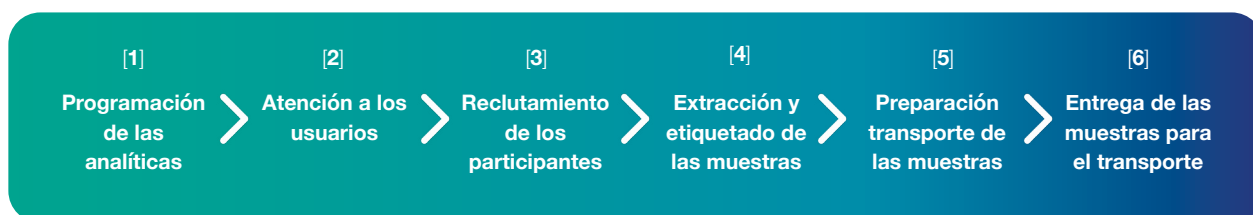


Figura 10. Flujo asistencial en el CAP Vall d'en Bas

En primer lugar, se acordó que [1] los pacientes con una analítica programada que acudían al CAP en alguno de los días de la prueba de concepto [2] serían atendidos en su horario habitual.

A estos pacientes [3] se les informaba sobre el proyecto y, aquellos que decidían participar voluntariamente, recibían un documento de consentimiento informado que firmaban.

[4] A esta muestra de pacientes participantes se les extraían las muestras en las mismas condiciones ordinarias: las muestras que viajarían con dron y, adicionalmente, un tubo de sangre que se transportaría en furgoneta. Los tubos se etiquetaban siguiendo el procedimiento habitual, diferenciando ambos métodos de transporte. A los pacientes no participantes no se les extraía el tubo adicional. Para ambos transportes, las

muestras de sangre se recogían en tubos individuales de 10 ml.

Una vez extraídas y etiquetadas las muestras [5], se preparaban para el transporte con dron y con furgoneta utilizando el embalaje reglamentario. Los tubos se introducían en gradillas y este conjunto se colocaba dentro de una bolsa de plástico impermeable. Posteriormente, se introducían en neveras de frío pasivo con placas de gel. Los tubos destinados al transporte en furgoneta se preparaban siguiendo el flujo habitual. En ambos transportes, dentro de las bolsas se incluía un sensor de temperatura y un sensor de impacto.

Finalmente, [6] el personal de enfermería entregaba las muestras debidamente embaladas a la operadora para su transporte con dron y, por otro lado, a la persona responsable del transporte en furgoneta.

Previo a la prueba de concepto se realizó una **breve formación a los profesionales** participantes en la operativa de entrega y recogida de las muestras transportadas con dron.

El transporte de las muestras con dron se realizaba por parte de la operadora siguiendo la ruta definida y los horarios marcados por el flujo asistencial. El dron despegaba inmediatamente después de finalizar las extracciones.

El transporte con furgoneta seguía el recorrido y la temporalidad habituales. La recepción y análisis de las muestras en el Hospital de Olot fue definida por el personal de laboratorio y de administración del centro. Para este proyecto fue necesario añadir algunos pasos al flujo asistencial habitual.

A continuación, se muestran los pasos definidos

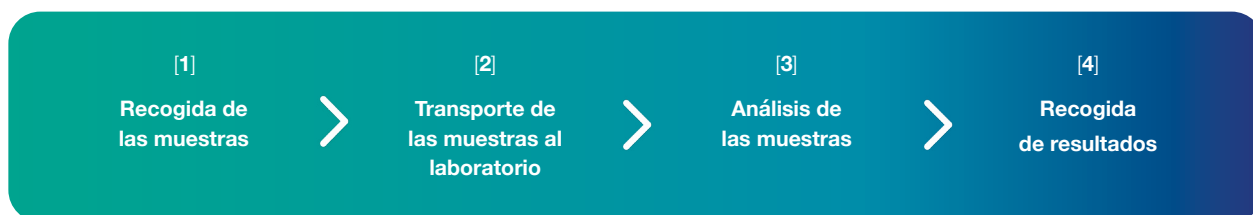


Figura 11. Flujo asistencial en el Hospital de Olot

Se estableció que, una vez aterrizado el dron en el Hospital y descargado por parte de la operadora [1] el personal del laboratorio recogería las muestras biológicas del dron y [2] las llevaría a pie hasta el laboratorio.

En el laboratorio [3] se realizaría el análisis tanto de las muestras

transportadas con dron como de las transportadas con furgoneta, siguiendo el procedimiento habitual en ambos casos y, [4], finalmente, se recabarían los resultados obtenidos de las muestras de sangre correspondientes a las variables de laboratorio seleccionadas.

Además del trayecto de ida desde el CAP hasta el Hospital, cada día de pilotaje el dron realizaba también un vuelo de regreso a la base de operaciones en Sant Esteve d'en Bas, desde donde volvería a despegar al día siguiente.

4.2.3. Indicadores

Para evaluar el transporte con dron se estableció un **conjunto**

de indicadores a medir durante el pilotaje, **definidos en tres**

dimensiones distintas:

Logística y usabilidad:

- Hora de salida de los vehículos de transporte (dron y furgoneta)
- Hora de llegada de los vehículos de transporte (dron y furgoneta)
- Hora de recepción de las muestras en el laboratorio (dron)
- Tiempo de dedicación del personal sanitario (dron)
- Escala SUS (*System Usability Scale*) (dron)

Calidad de las muestras:

- Índice de hemólisis en sangre
- Concentración de potasio en sangre (mmol/L)
- Concentración de lactato deshidrogenasa (LDH) en sangre (U/L)
- Concentración de glucosa en sangre (mg/dL)
- Número de impactos
- Rango de temperatura

Impacto económico y ambiental:

- Costes del personal sanitario
- Costes del personal implicado en la operativa de vuelo
- Costes de contratación del servicio
- Emisiones de CO² (dron y furgoneta)

En cuanto a los **resultados de la dimensión de logística y usabilidad**, el personal responsable de la operativa registrará en una tabla de Excel las entregas y los tiempos de operación. Asimismo, se dispondrá de un diario de vuelo en el que se registrarán los trayectos, los tiempos de vuelo y las condiciones meteorológicas.

Por otra parte, la escala SUS se

recogerá mediante un formulario en línea accesible desde el ordenador y los dispositivos móviles. Este formulario será cumplimentado por los profesionales de la salud participantes en la parte del flujo asistencial que implica la operativa del dron, entregando y recogiendo las muestras transportadas.

En cuanto a la **calidad de las muestras**, los profesionales de

laboratorio llevarán a cabo el análisis de los cuatro indicadores de laboratorio en las muestras de sangre (hemólisis, potasio, LDH y glucosa) y evaluarán los resultados de los sensores (impactos, temperatura).

Por último, se recogerán los datos necesarios para evaluar los **costes y el impacto medioambiental** de los dos tipos de transporte.

4.3. Modelo de evaluación

Para analizar los indicadores del proyecto y evaluar el transporte de muestras con dron se han utilizado distintos criterios y métodos, organizados en **cuatro dimensiones de indicadores**:



Figura 12. Dimensiones de los indicadores

4.3.1. Logística

La evaluación de la logística y la operatividad es clave para garantizar que los sistemas de aeronaves no tripuladas implantados en proyectos de salud funcionen de forma eficiente, segura y sostenida. Esta fase implica un análisis detallado de la capacidad del sistema de drones para cumplir con los requisitos logísticos del proyecto y su integración con los procesos

operativos existentes dentro del sistema sanitario.

Inicialmente, se ha calculado **el tiempo de trayecto de cada día de transporte** a partir de la hora de salida y la hora de llegada de cada vehículo. Posteriormente, se ha calculado la **diferencia de tiempo entre el transporte con dron y el**

transporte por carretera. También se han calculado la media y la desviación estándar.

Además, se ha calculado el **porcentaje de reducción del tiempo** de transporte con dron a partir del tiempo medio obtenido con dron y furgoneta mediante la siguiente expresión:

Ecuación 1

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

Una vez calculada la reducción de tiempo, se ha evaluado si los **valores de las muestras** seguían una distribución normal mediante el **test de Shapiro-Wilk**, con un nivel de confianza del 95 %.

Si ambas muestras cumplían criterios de normalidad, se utilizaba una prueba paramétrica; en caso contrario, una prueba no paramétrica. Como prueba paramétrica se empleó el t-test de muestras apareadas, y como prueba

no paramétrica, el test de Wilcoxon. Ambas pruebas permiten evaluar si existen diferencias significativas entre las medias, aunque la prueba paramétrica aporta mayor fiabilidad y robustez estadística.

4.3.2. Usabilidad

Por otro lado, la usabilidad del sistema se ha **evaluado mediante la escala SUS (System Usability Scale)** (véase Anexo I). Esta escala permite evaluar la **usabilidad subjetiva** de un dispositivo o sistema tecnológico. Consiste en 10 preguntas con respuesta en formato de **escala Likert**.

Esta escala asigna con un valor numérico del 1 al 5, correspondientes

a las posibles respuestas (“totalmente en desacuerdo”, “en desacuerdo”, “neutral”, “de acuerdo” y “totalmente de acuerdo”).

A partir de estas puntuaciones numéricas se calcula la puntuación total de la escala siguiendo el procedimiento estándar de la escala SUS.

1. Se calculan las puntuaciones ajustadas restando 1 a cada puntuación de las preguntas impares y restando 5 a la puntuación de cada preguntar par
2. Se suman todas las puntuaciones ajustadas
3. Se multiplica la suma por 2,5

4.3.3. Calidad de las muestras

La **calidad de las muestras** transportadas con dron y con furgoneta se ha evaluado a partir de los **sensores de transporte y de los resultados obtenidos en laboratorio**. A partir de los sensores se ha verificado si la temperatura y el nivel de impacto se han mantenido dentro de los rangos adecuados.

En cuanto a los resultados de laboratorio, en primer lugar, se ha calculado la media y la desviación estándar de cada variable (índice de hemólisis –IH– y concentraciones de potasio, LDH y glucosa) para todas las muestras de sangre transportadas con dron y con furgoneta.

Posteriormente, se ha calculado el porcentaje de diferencia de los resultados obtenidos con dron respecto a los obtenidos con furgoneta (**ecuación 2**), y para evaluar la significación de la diferencia de resultados entre ambos transportes, se ha normalizado la diferencia obtenida utilizando el rango de referencia (**ecuación 3**).

Ecuación 2

$$\text{Diferencia (\% cambio respecto a furgoneta)} = \frac{x_{\text{furgoneta}} - x_{\text{dron}}}{x_{\text{furgoneta}}} \cdot 100$$

Ecuación 3

$$\text{Diferencia (\% normalizada con el rango de referencia)} = \frac{x_{\text{furgoneta}} - x_{\text{dron}}}{\max_{\text{rang}} - \min_{\text{rang}}} \cdot 100$$

Este análisis ha permitido evaluar si diferencias aparentemente pequeñas eran relevantes, dado que los rangos de valores de algunas variables son estrechos.

Este análisis se ha reforzado estadísticamente mediante un t-test de muestras apareadas, que ha permitido evaluar si las medias de cada variable para cada tipo de transporte presentan diferencias estadísticamente relevantes, con un intervalo de confianza del 95 %.

Para analizar con mayor detalle los resultados de cada variable de

laboratorio y valorar la concordancia entre los dos métodos de transporte, se han elaborado gráficos de **Bland-Altman** para cada variable. En estos gráficos se representa la **diferencia entre los valores obtenidos** para cada paciente con dron y furgoneta frente a la media de ambos valores.

En cada gráfico se indica la **diferencia media** ($\bar{x}$) y se marca por arriba y por debajo de la media del intervalo de confianza del 95 %; en este caso, diferencia media $\pm$ 1,96 desviaciones estándar, así como la línea de

tendencia o regresión lineal. **Si ambos métodos fueran completamente equivalentes, las diferencias serían mínimas y la dispersión de los puntos formaría una línea horizontal.**

Finalmente, para evaluar posibles correlaciones entre el índice de hemólisis y el resto de las variables, se realizaron tres **pruebas de correlación de Pearson** (potasio–IH, LDH–IH y glucosa–IH) sobre las diferencias de valor de cada variable.

4.3.4. Impacto económico y ambiental

Para evaluar los **costes del pilotaje** se ha tenido en cuenta, por un lado, el coste del **servicio de transporte con dron** y, por otro, el **coste del**

personal de enfermería del CAP encargado de la entrega de las muestras y el del personal del Hospital que las recogió y transportó hasta el

laboratorio.

En cuanto al servicio de transporte, su coste se ha obtenido a partir de la suma de **tres categorías**:

- **Costes UAS:** costes del dron y del equipamiento asociado
- **Costes de personal:** costes del personal para operar el dron
- **Costes indirectos:** costes del establecimiento de las rutas (análisis de regulación, análisis del entorno, etc.) y otros

Para calcular el **impacto medioambiental** de ambos trayectos se han evaluado las emisiones generadas durante el desplazamiento. Es decir, se han excluido del análisis las emisiones derivadas de la fabricación

y el mantenimiento del dron y de la furgoneta.

Para el cálculo de las **emisiones de CO₂** con furgoneta se ha considerado una furgoneta estándar y **la ruta más**

corta posible. Se trata de la ruta a través de la C-152, con una distancia recorrida de 10,5 km. La figura inferior muestra la ruta seleccionada, en azul oscuro.

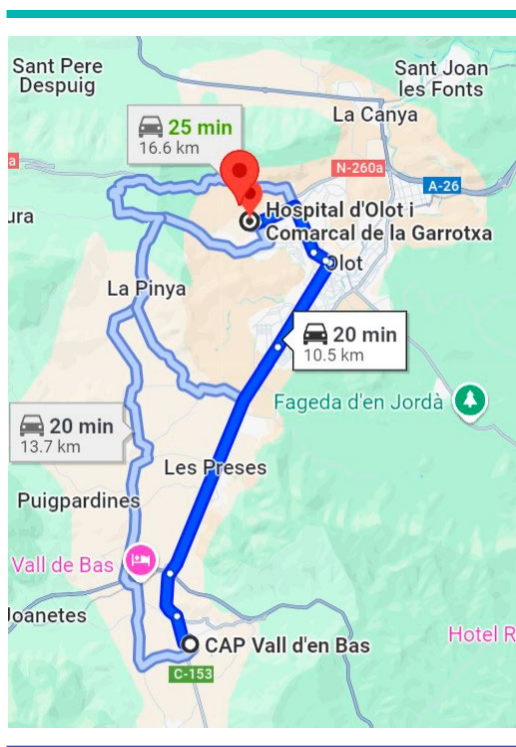


Figura 13. Rutas por carretera entre el CAP de Sant Esteve d'en Bas y el Hospital de Olot

Las emisiones de la furgoneta se calcularon mediante la calculadora de carbono CeroCO² (11). Para mayor precisión, se introdujo la distancia correspondiente a 100 trayectos y posteriormente se dividió el CO² resultante entre 100.

Por otro lado, para el cálculo de las emisiones del dron por trayecto se utilizó el último valor del factor de emisión eléctrica disponible. Este valor es del 25 de abril de 2024 y es de 260 g CO² eq/kWh, y indica las emisiones de un kWh de energía eléctrica

generada en España (12). Este valor se ha multiplicado por el consumo eléctrico del dron, calculado mediante la siguiente expresión:

Ecuación 4

$$\text{Consumo dron}_{\text{Kwh}} = \frac{\text{Energía consumida (Ah)} \cdot \text{Voltaje de las baterías (V)}}{\text{Trayecto en dron}} \cdot \bar{t}$$

Los resultados se expresan en **gramos de dióxido de carbono** equivalente

(g CO² eq), unidad estándar para la medición de emisiones de gases (13).

5. Pilotaje

El **pilotaje** se llevó a cabo entre la segunda y la tercera semana de junio de 2024. Dado que el CAP Vall d'en Bas realiza extracciones únicamente algunos días de la semana (lunes, miércoles, jueves y viernes), los cinco días de pilotaje se distribuyeron entre los días de actividad. **La prueba de concepto se ejecutó los días 12, 14, 17, 19 y 21 de junio de 2024.**

No se produjeron incidencias durante la ejecución de la operativa diseñada y programada, y la participación de los distintos equipos se llevó a cabo de la forma prevista y de manera coordinada.

Durante los días de vuelo se estableció un horario de operación entre las 9:00 y las 12:00 horas, con el objetivo de disponer de un margen temporal suficiente **en caso de condiciones meteorológicas o técnicas desfavorables.**

Durante este horario de operación se registraron las siguientes condiciones meteorológicas:

Taula 1. Condiciones meteorológicas en la Vall d'en Bas durante las franjas horarias de operación

Día	12/06/2024	14/06/2024	17/06/2024	19/06/2024	21/06/2024
Franja horaria de vuelo	10:00- 10:30	9.30 - 10:00	10.30 - 11:00	9.30 - 10:00	11.00 - 11:30
Estación Vall d'en Bas (W9)					
	Temperatura media: 14,2 °C - 14,5 °C	Temperatura media: 19,8 °C - 20,5 °C	Temperatura media: 25,1 °C - 25,7 °C	Temperatura media: 21,3 °C - 21,6 °C	Temperatura media: 20 °C - 21,1 °C
	Humedad relativa: 91-89 %	Humedad relativa: 67-65 %	Humedad relativa: 52-51 %	Humedad relativa: 77-78 %	Humedad relativa: 70-67 %
	Velocidad media del viento a 2 metros: 2,4 m/s - 2,3 m/s	Velocidad media del viento a 2 metros: 3,1 m/s - 2,9 m/s	Velocidad media del viento a 2 metros: 0,8 m/s - 1,5 m/s	Velocidad media del viento a 2 metros: 1,4 m/s - 1,7 m/s	Velocidad media del viento a 2 metros: 1,7 m/s - 1,9 m/s
	Racha máxima: 3,8 m/s - 3,5 m/s	Racha máxima: 6,3 m/s - 6,6 m/s	Racha máxima: 2,4 m/s - 3,5 m/s	Racha máxima: 3 m/s - 3,2 m/s	Racha máxima: 3,6 m/s - 3,4 m/s

Taula 2. Meteorología estación de Olot durante las franjas horarias de operación

Día	12/06/2024	14/06/2024	17/06/2024	19/06/2024	21/06/2024
Franja horaria de vuelo	10:00- 10:30	9.30 - 10:00	10.30 - 11:00	9.30 - 10:00	11.00 - 11:30
Estación de Olot (YB)					
	Temperatura media: 13,8 °C - 13,9 °C	Temperatura media: 21,4 °C - 21,9 °C	Temperatura media: 25,1 °C - 25,4 °C	Temperatura media: 21 °C - 22,1 °C	Temperatura media: 21,5 °C - 22,5 °C
	Humedad relativa: 95-96 %	Humedad relativa: 58 %	Humedad relativa: 56-57 %	Humedad relativa: 77-74 %	Humedad relativa: 61-57 %
	Velocidad media del viento a 10 metros: 2,4 m/s - 1,2 m/s	Velocidad media del viento a 10 metros: 2 m/s - 3,3 m/s	Velocidad media del viento a 10 metros: 4,1 m/s - 4 m/s	Velocidad media del viento a 10 metros: 3,4 m/s - 2,4 m/s	Velocidad media del viento a 10 metros: 1,4 m/s - 1,3 m/s
	Racha máxima: 4,4 m/s - 3 m/s	Racha máxima: 5,4 m/s - 6,9 m/s	Racha máxima: 7,1 m/s - 6,9 m/s	Racha máxima: 5,3 m/s - 4,7 m/s	Racha máxima: 4,1 m/s - 3,9 m/s
Precipitación: 2,2 mm - 0,2					
Presencia de calma a las 9 h					

6. Evaluación de los resultados



6.1. Logística



6.2. Usabilidad



6.3. Calidad de las muestras

6.3.1. Índice de hemólisis

6.3.2. Concentración de potasio

6.3.3. Concentración de Lactado Deshidrogenasa (LDH)

6.3.4. Concentración de glucosa

6.3.5. Relaciones entre indicadores



6.4. Impacto económico y ambiental

6.4.1. Costes

6.4.2. Impacto mediambiental

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación del proyecto. En primer lugar, se ofrece una visión general de los resultados y, posteriormente, se exponen en detalle las cuatro dimensiones de los indicadores.

El transporte de muestras con dron se ha podido ejecutar en los cinco programas. En total, se han transportado 37 muestras y se ha reducido el tiempo de transporte en un 74,3% respecto al transporte en furgoneta. El índice de hemólisis de las muestras se ha reducido en un

47,7%. El sistema de carga del dron ha obtenido una puntuación de 74 puntos en la escala SUS, y se ha observado que las emisiones de CO₂ por trayecto con el dron son un 98,8% más bajas que con la furgoneta.

37

Muestras de sangre

74,3%

Muestras diarias transportadas

47,7%

Reducción de la hemólisis

98,8%

Reducción de CO₂

Se han transportado **7,4 muestras de media por día**, con un máximo

de 12 por día y un mínimo de 4. Debajo se muestra la estadística de

cada día:

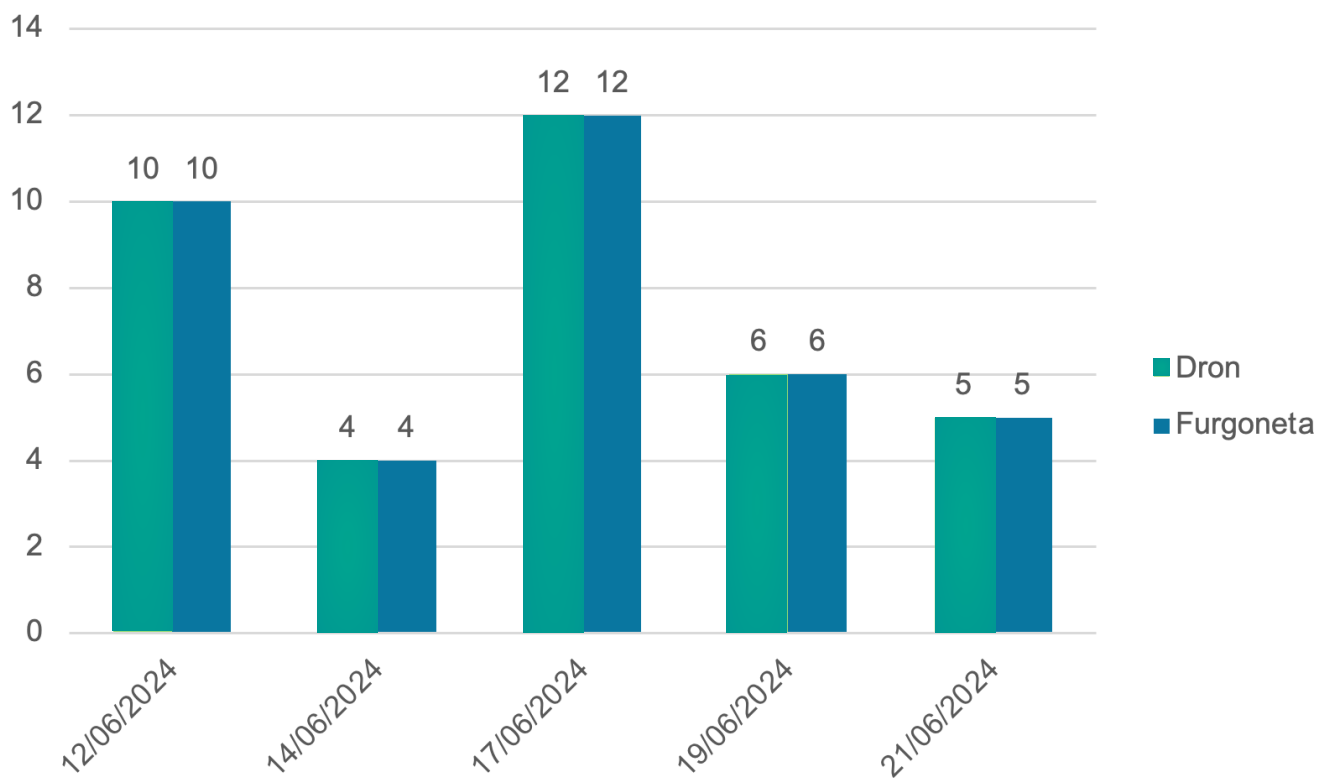


Figura 14. Número y tipo de muestras biológicas transportadas con dron y furgoneta

En cuanto a la diferencia de hora de salida entre el dron y la furgoneta, la furgoneta pasa cada día dentro del rango horario acordado, mientras

que el dron salió del CAP en cuanto finalizaron las extracciones. Por ello, las muestras transportadas con dron tuvieron un menor tiempo de espera

en el CAP, **lo que redujo la posible degradación de la muestra.**

Taula 3. Horas de transporte con dron y furgoneta

Fecha	Dron		Furgoneta	
	Hora salida	Hora llegada	Hora salida	Hora llegada
12/6/2024	10:11:01	10:18:58	10:26:00	11:12:00
14/6/2024	09:49:00	09:56:03	10:40:00	11:04:00
17/6/2024	10:54:12	11:01:26	10:50:00	11:19:00
19/6/2024	09:43:39	09:51:32	10:38:00	10:56:00
21/6/2024	11:15:00	11:22:36	10:29:00	10:59:00

6.1. Logística

A continuación, se muestran los **tiempos de transporte** con dron y

furgoneta, así como la **diferencia de tiempo** entre ambos transportes:

Taula 4. Tiempos de transporte con dron y furgoneta

Fecha	Dron	Furgoneta	Diferencia
12/6/2024	7 min 57 s	46 min	38 min 3 s
14/6/2024	7 min 3 s	24 min	16 min 57 s
17/6/2024	7 min 14 s	29 min	21 min 46 s
19/6/2024	7 min 53 s	18 min	10 min 7 s
21/6/2024	7 min 36 s	30 min	24 min 24 s
Media y desviación típica	7 min 32 s ± 23 s	29 min 24 s ± 10 min 24 s	21 min 52 s ± 10 min 1 s

La **media del tiempo** de los trayectos realizados con dron es de 7 min 32 s $\pm$ 23 s, mientras que los trayectos con furgoneta duran de media 29 min 24 s $\pm$ 10 min 24 s. Por tanto, el tiempo de transporte en dron se ha reducido en un **74,3%** respecto a la furgoneta.

O, lo que es lo mismo, el tiempo de transporte con dron ha supuesto aproximadamente **¼** del tiempo en furgoneta.

El **t-test** realizado demuestra que la diferencia entre ambos transportes

es estadísticamente significativa ($p\text{-valor} = 0,00901 < 0,05$). Además, los valores del tiempo de transporte por carretera presentan una mayor variabilidad en comparación con los valores del dron.

74,3% Número de muestras transportadas

6.2. Usabilidad

En cuanto a la **usabilidad** de la inclusión de la tecnología dron dentro del proceso asistencial, la puntuación

media obtenida a partir de las respuestas de los profesionales en la escala SUS es de 74 puntos, sobre un

máximo de 100.

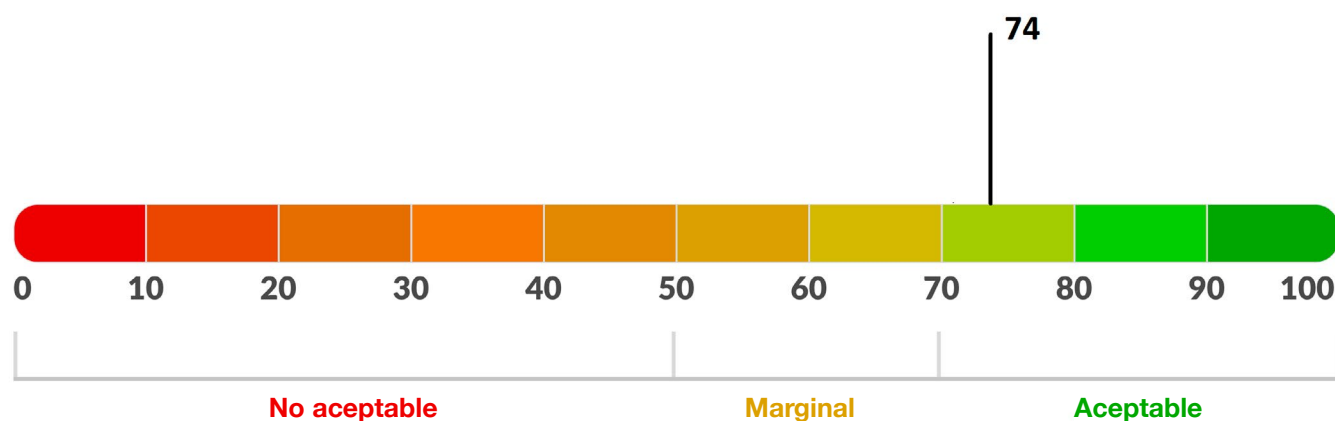


Figura 15. Puntuación SUS

Esta puntuación se sitúa **ligeramente por encima del umbral de 68–70** que marcaría una **usabilidad correcta** en el proceso de carga y descarga del dron.

En las preguntas que hacen referencia a la usabilidad se observa que los profesionales consideran que la tecnología dron es **fácil de utilizar en un 100%**, también se muestran

favorables al uso de esta tecnología, y la mayoría no la consideran una tecnología complicada (67%).

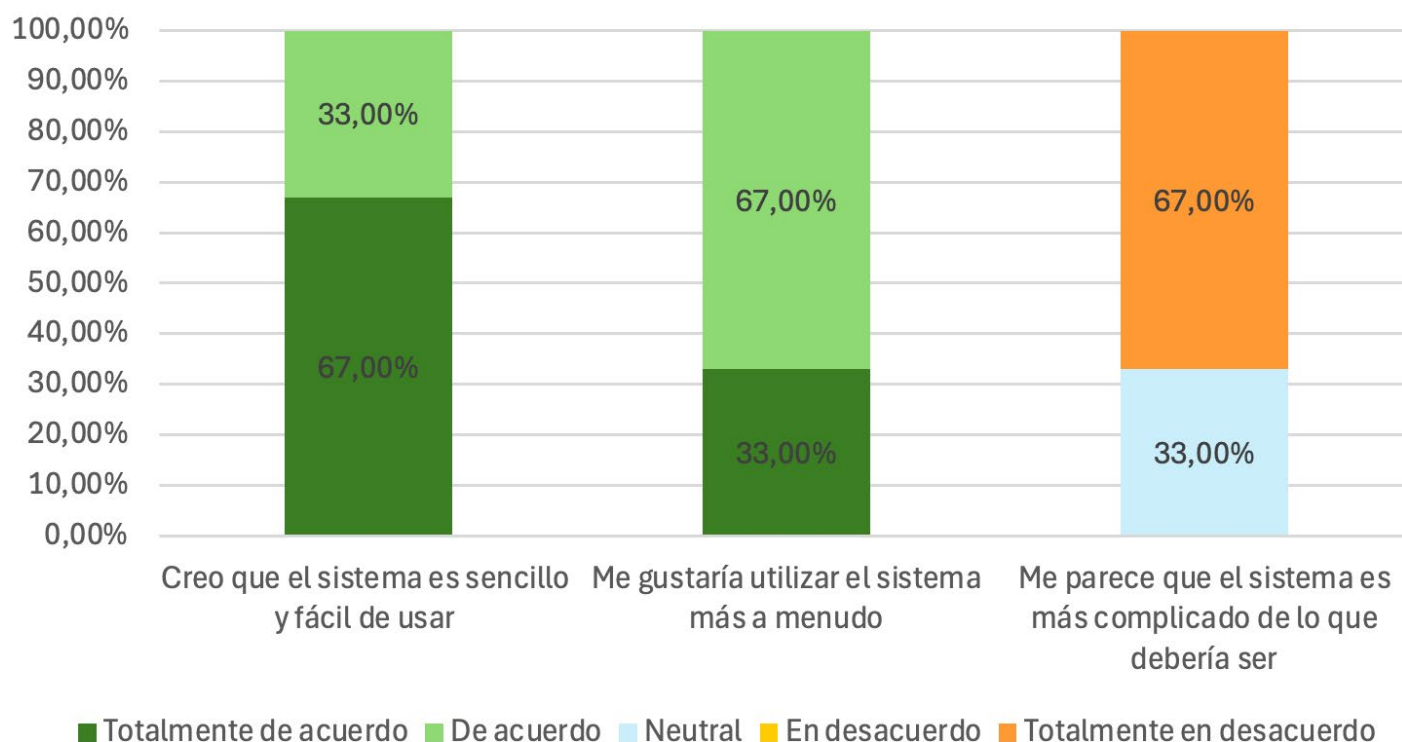


Figura 16. Resultados de la escala SUS – Usabilidad

Desde un punto de vista competencial, los profesionales consideran que la mayoría puede aprender a utilizar este tipo de

tecnología, y existen discrepancias respecto al uso de soporte técnico de la misma (33% de acuerdo, 33% neutral y 33% en desacuerdo). **No**

se considera que el uso de la tecnología dron sea complejo, ni que requiera un largo tiempo de aprendizaje.

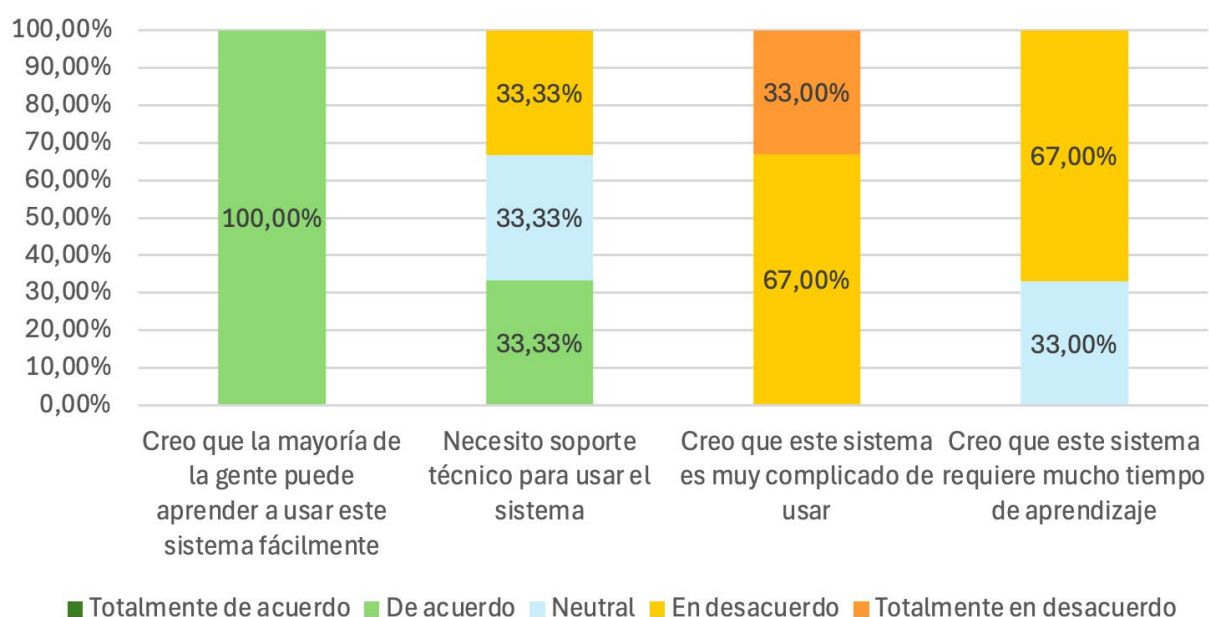


Figura 17. Resultados de la escala SUS sobre competencias profesionales

En la valoración del proceso se observa que los profesionales **indican que no existen problemas de integración**, señalando en un

33% de los casos que funciona correctamente y está integrado en el proceso asistencial. Tampoco se indica que la incorporación de

la tecnología dron haya generado incidencias o irregularidades en el proceso.

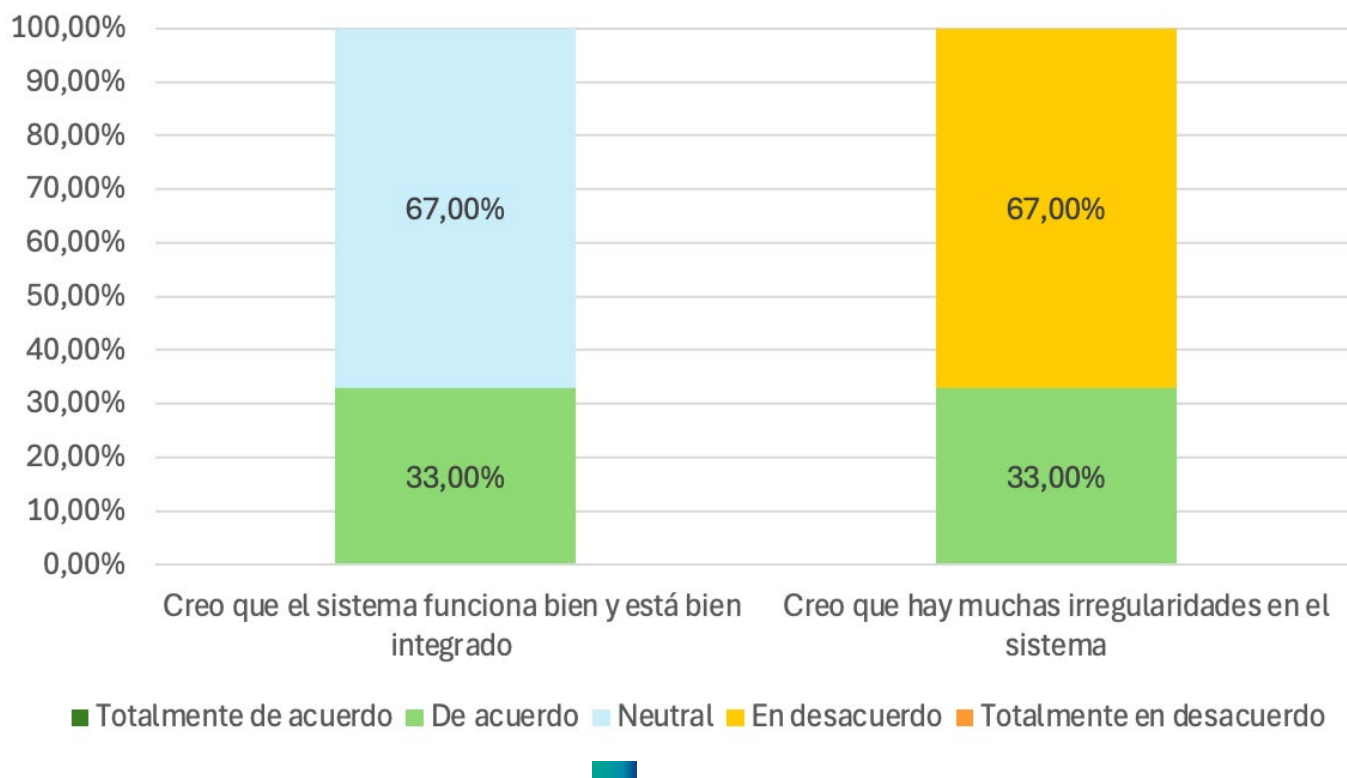


Figura 18. Resultados de la escala SUS sobre preguntas del proceso asistencial

En cuanto a la **seguridad del uso de la tecnología dron** en el ámbito de la salud para el transporte de muestras, todos los profesionales indican que la

consideran una tecnología segura: un 33% está totalmente de acuerdo y un 67% está de acuerdo.

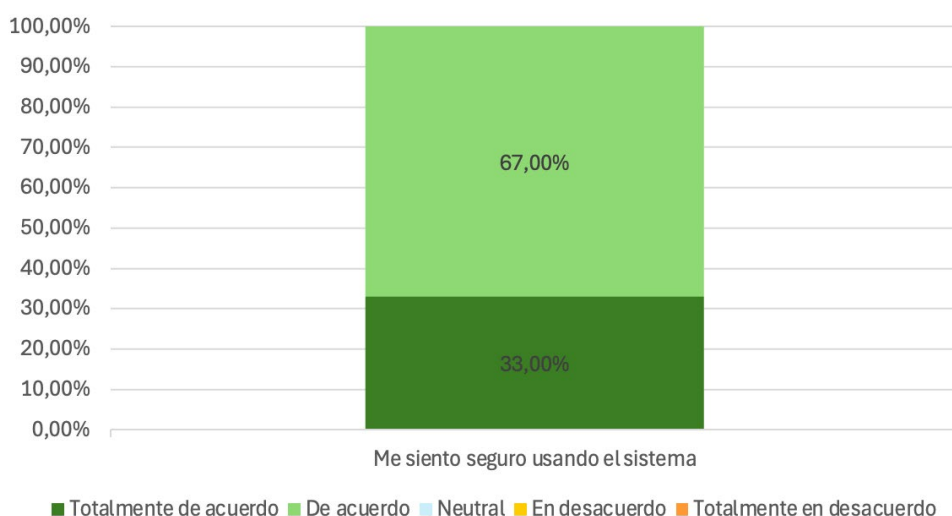


Figura 19. Resultados de la escala SUS sobre preguntas del proceso asistencial

Estos resultados muestran que los **profesionales están muy de acuerdo** en que el sistema es sencillo y fácil de utilizar, y que se sienten seguros al emplearlo; no obstante, es necesario contar con **competencias técnicas** para hacer uso de la tecnología.

6.3. Calidad de las muestras

En todos los trayectos realizados tanto con dron como con furgoneta, la temperatura de las muestras se mantuvo dentro del rango adecuado (5–20 °C). En cuanto a la agitación, todas las muestras registraron menos de tres impactos, lo que demuestra una estabilidad suficiente en ambos tipos de transporte. A continuación, se muestra la media y la desviación estándar de cada variable de laboratorio analizada para todas las muestras de sangre transportadas, **así como la diferencia y los porcentajes de diferencia de los resultados** obtenidos con dron respecto al transporte por carretera.

Taula 5. Media y desviación típica de cada variable de laboratorio para todas las muestras transportadas con dron y furgoneta, diferencia y porcentaje de la diferencia

	Índice de hemólisis	Potasio	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 U/L	95,9 ± 13,0 mg/dL
Diferencia	7,9 ± 1,8	0,2 ± 0,0	12,4 ± 5,0	0,5 ± 0,3
Diferencia (% cambio respecto a furgoneta)	47,7%	3,4%	6,6%	0,5%
Diferencia (% normalizada con rango de referencia)	15,8%	11,0%	12,4%	1,7%

El **índice de hemólisis** (IH) se mantuvo dentro del rango de referencia (inferior a 50) en ambos transportes, por lo que los resultados del resto de variables **son válidos en los dos casos**. No obstante, el IH disminuyó notablemente con el transporte en dron, con una reducción del 47,7 % respecto a la furgoneta, lo que contribuye a una mayor calidad de las muestras. En cuanto a las concentraciones de potasio y LDH, las variaciones fueron menores, aunque relevantes.

La glucosa fue la variable más estable, con una variación de tan solo un 0,5 %.

En todos los casos, las concentraciones obtenidas con dron fueron inferiores a las obtenidas con furgoneta, lo que podría estar relacionado con la reducción de la hemólisis.

Las diferencias normalizadas con los rangos de referencia muestran claramente que en el caso del IH (15,8 %), el potasio (11,0 %) y el LDH (12,4 %) las diferencias son significativas debido a la estrechez del rango de valores de estas variables.

En el caso de la glucosa, la diferencia normalizada es muy inferior (1,7 %), lo

que indica una elevada estabilidad en ambos transportes.

Los t-test realizados muestran resultados concordantes: la diferencia entre medias es estadísticamente significativa para el IH ($p\text{-valor} = 2,2 \cdot 10^{-8} < 0,05$), el potasio ($p\text{-valor} = 8,4 \cdot 10^{-6} < 0,05$) y el LDH ($p\text{-valor} = 3,6 \cdot 10^{-4} < 0,05$), mientras que no es significativa para la glucosa ($p\text{-valor} = 0,16 > 0,05$).

A continuación se presentan de forma detallada los resultados obtenidos para cada variable.

6.3.1. Índice de hemólisis

La figura 20 muestra el **gráfico de Bland-Altman del índice de hemólisis**, en el que se observa una alta dispersión de los valores.

Cuatro valores se encuentran fuera del intervalo de confianza, lo que refuerza la idea de que las diferencias de hemólisis entre ambos métodos son

significativas. No obstante, todos los valores de IH se mantuvieron dentro del rango de referencia.

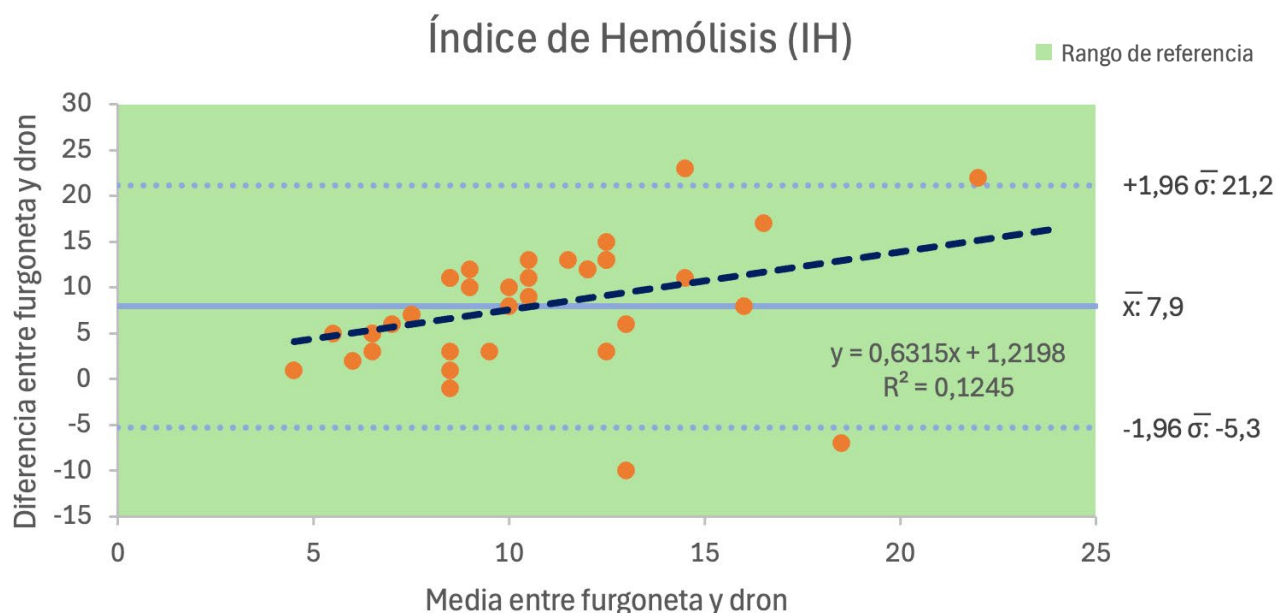


Figura 20. Bland-Altman del índice de hemólisis: resultados del dron respecto a la furgoneta.

La línea de tendencia, con un $R^2 = 0,12$, indica un ligero grado de linealidad y una tendencia a que la diferencia entre los dos valores aumente a medida que se incrementa

la media del IH. Es decir, cuando los valores de IH obtenidos con furgoneta son más elevados, en la mayoría de los casos el IH correspondiente al mismo paciente es menor cuando

la muestra se transporta con dron. De hecho, solo se observan **tres casos** en los que el IH es inferior con furgoneta que con dron.

6.3.2. Concentración de potasio

La figura 21 muestra el gráfico de Bland-Altman correspondiente a la concentración de potasio. Se observa una dispersión moderada de los valores, con únicamente un valor por encima y otro por debajo del intervalo de confianza. En cuanto a los valores fuera del rango de referencia, la media solo aparece fuera del rango en cuatro casos, en los que la

diferencia entre ambos métodos es menor y claramente se sitúa dentro del intervalo de confianza. Por tanto, **los resultados que podrían indicar una alteración clínica del paciente son equivalentes en ambos métodos.**

Además, la línea de tendencia es prácticamente horizontal, con un R^2 cercano a cero, lo que indica que las

diferencias entre ambos métodos se mantienen constantes para todos los valores. Así, aunque el t-test haya mostrado diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos de transporte para esta variable, **el gráfico evidencia una equivalencia suficientemente sólida.**

Concentración de potasio

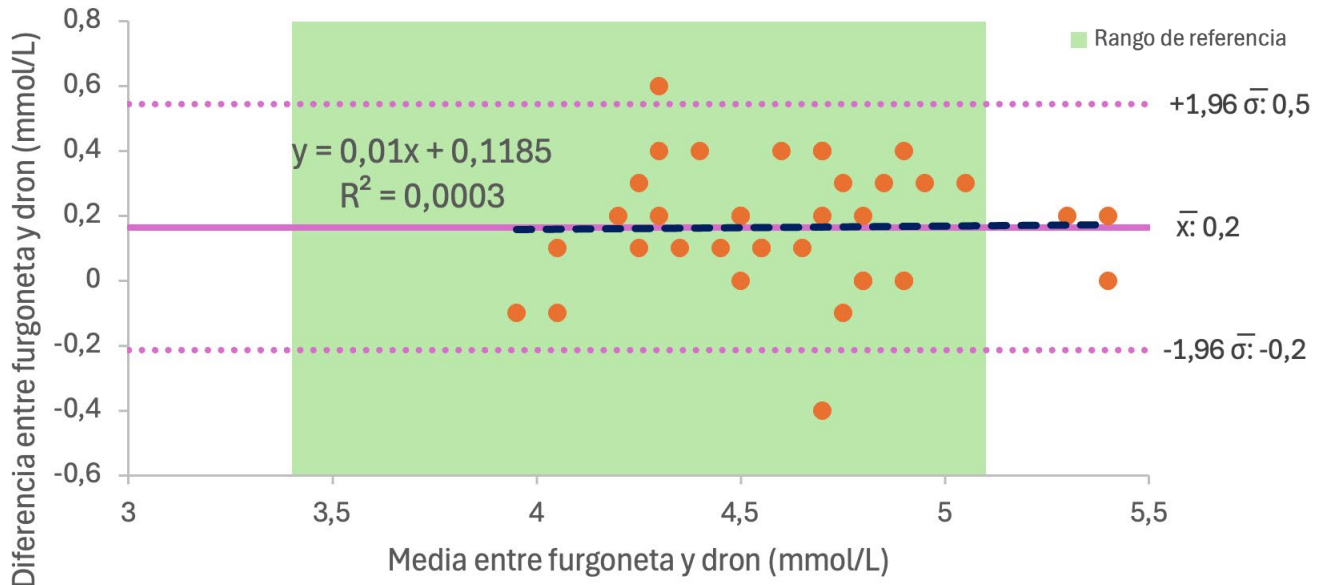


Figura 21. Bland-Altman de la concentración de potasio: resultados del dron respecto a la furgoneta

En relación a **valores específicos**, en la mayoría de los pacientes, los valores de potasio fueron ligeramente

inferiores con dron; en cuatro pacientes se obtuvo el mismo valor y en otros cuatro los valores fueron ligeramente

superiores con transporte por carretera (diferencias negativas en el gráfico).

6.3.3. Concentración de lactato deshidrogenasa (LDH)

La figura 22 muestra el gráfico de Bland-Altman correspondiente a la LDH. Se observa una ligera dispersión de los puntos, **todos ellos próximos**

a la **diferencia media y siempre dentro de los límites de confianza**. Todos los valores que se encuentran fuera del rango de referencia aparecen

agrupados dentro del intervalo de confianza, lo que aporta consistencia a efectos diagnósticos.

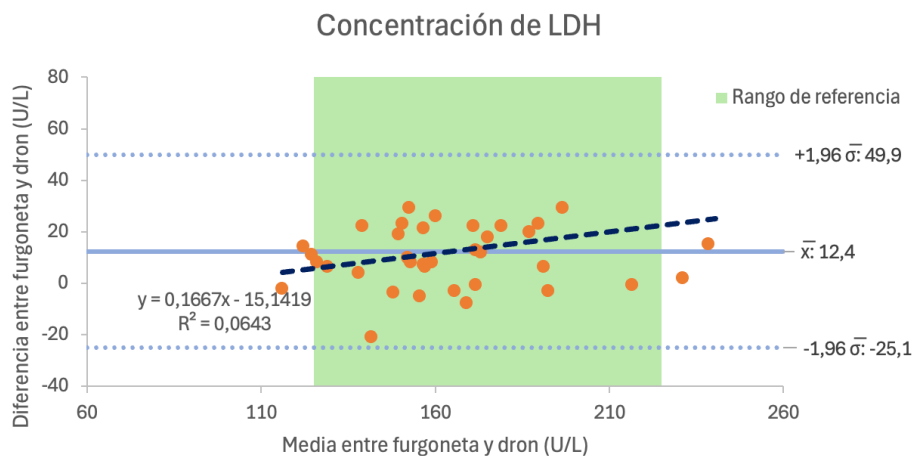


Figura 22. Bland-Altman de la concentración de LDH: resultados del dron respecto a la furgoneta

La línea de tendencia, con un $R^2 = 0,06$, indica una ligera tendencia a que la diferencia entre ambos valores aumente a medida que se incrementa la media de LDH, aunque esta tendencia puede considerarse no significativa. Para esta variable, **mayoritariamente se obtuvieron**

valores inferiores con dron, aunque también se registraron bastantes valores inferiores con el transporte por carretera. Por tanto, aunque el t-test mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos de transporte para esta variable, el gráfico evidencia una equivalencia

suficientemente sólida entre ambos métodos. Cabe señalar que se descartó un valor de los datos por considerarse aberrante, ya que se encontraba a una distancia de cinco desviaciones estándar de la media (media = 208,5; diferencia = 103).

6.3.4. Concentración de glucosa

La figura 23 muestra el gráfico de Bland-Altman de los resultados de glucosa. Se observa una dispersión

moderada de los valores, con únicamente un valor por encima y otro por debajo del intervalo de

confianza. **La línea de tendencia es prácticamente horizontal.**

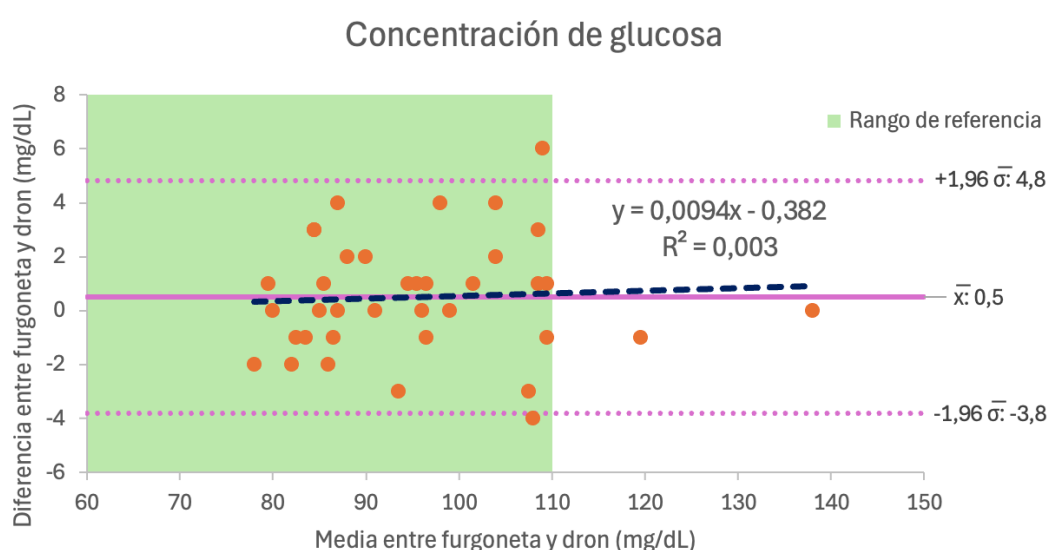


Figura 23. Bland-Altman de la concentración de LDH: resultados del dron respecto a la furgoneta

En este caso también se registraron varios valores fuera del rango de referencia, entre los que se encuentran los dos valores fuera del intervalo de confianza. Esto puede provocar que, en algunos casos puntuales, el resultado obtenido con dron y furgoneta varíe de forma que uno se sitúe dentro del rango de referencia y

el otro fuera. No obstante, el gráfico muestra que estos casos serían excepcionales y siempre con valores muy próximos entre sí. **Mayormente se obtuvieron valores inferiores** con dron, aunque también se registraron bastantes valores inferiores con transporte por carretera. Por tanto, esta diferencia puede darse en ambos

sentidos. Reforzando este análisis con los resultados del t-test, que muestran diferencias no significativas entre ambos métodos, **se puede afirmar que existe una buena concordancia entre ambos métodos para esta variable.**

6.3.5. Correlaciones entre indicadores

Las correlaciones de Pearson entre las distintas variables (potasio-IH, LDH-IH y glucosa-IH) indican que las diferencias de potasio y de glucosa respecto a las diferencias del índice de hemólisis no presentan una correlación significativa (p-valor =

$0,366 > 0,05$ y p-valor = $0,788 > 0,05$, respectivamente). En cambio, para la LDH se observa una correlación moderada y estadísticamente significativa (p-valor = $2,7 \cdot 10^{-3} < 0,05$). Las gráficas siguientes muestran estas correlaciones. En el caso del potasio,

tal y como se observa en la figura 25, parece existir una ligera tendencia al alza. Sin embargo, el valor de R^2 es de 0,02, **por lo que sería necesaria una muestra mayor para obtener conclusiones firmes.**

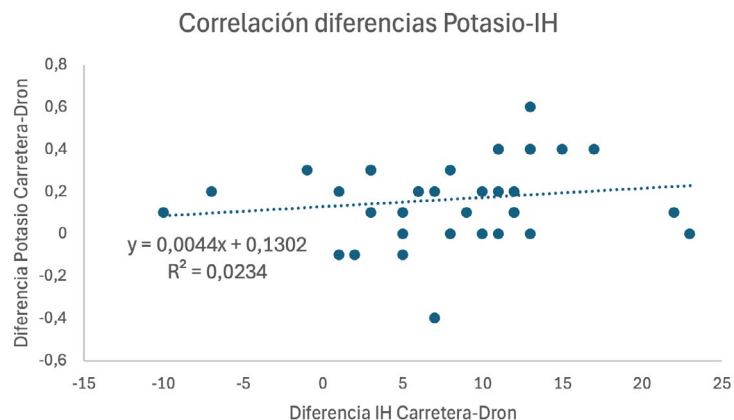


Figura 24. Correlación entre las diferencias de la concentración de potasio y el índice de hemólisis

En el caso de la LDH, se observa un cierto grado de correlación ($R^2 = 0,4$) entre ambos indicadores. Esta

correlación sugiere que el aumento de la diferencia en el índice de hemólisis se traduce en un **aumento de la**

diferencia en la LDH.

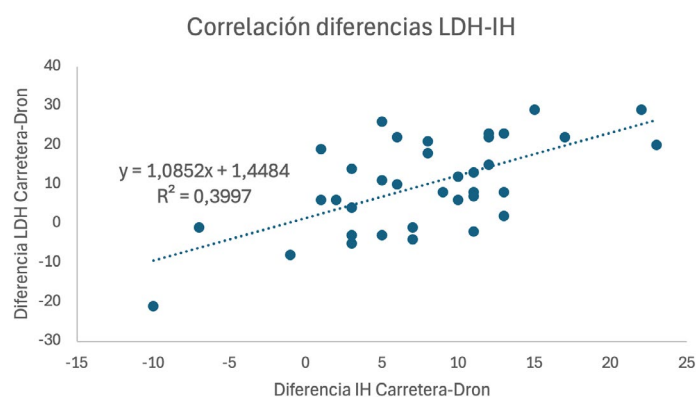


Figura 25. Correlación entre las diferencias de la concentración de LDH y el índice de hemólisis

En cuanto a la correlación de los niveles de glucosa, tal como se muestra en

la figura 26, no se aprecia **ninguna tendencia clara**, aunque sería

necesario disponer de una muestra mayor para extraer conclusiones.

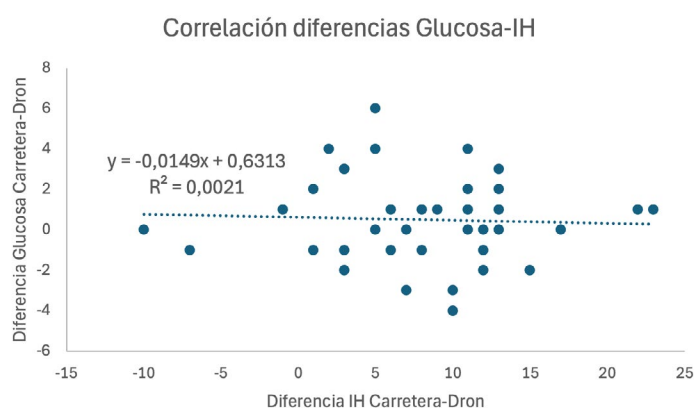


Figura 26. Correlación de las diferencias de la concentración de glucosa respecto al índice de hemólisis

6.4. Impacto económico y ambiental

La evaluación del impacto económico y medioambiental del uso de drones en el ámbito sanitario permite comprender las implicaciones de esta

tecnología en términos de **costes y sostenibilidad**. Este análisis resulta esencial para valorar la **viabilidad a largo plazo** de los proyectos

con drones, considerando tanto los beneficios como los costes asociados a su implementación y operación continuada.

6.4.1. Costes

El coste de este proyecto durante los días de pilotaje incluye, por un lado, el coste del **servicio de transporte con dron** y, por otro, el **coste del personal de enfermería del CAP**

encargado de la entrega de las muestras y del **personal del Hospital que las recogió y transportó hasta el laboratorio**.

El coste del servicio de transporte con dron en este proyecto ascendió a aproximadamente 34.184 €, valor obtenido a partir de la suma de tres categorías:

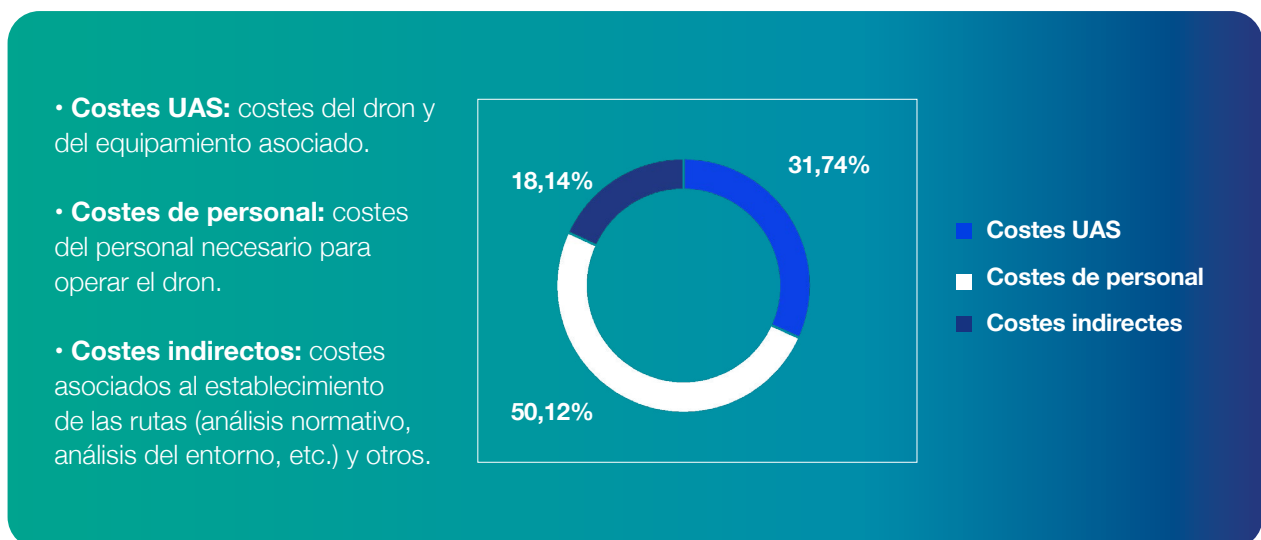


Figura 27. Distribución de costes del servicio de transporte con dron del proyecto

En cuanto a los **costes del personal** del CAP y del Hospital, sumando el tiempo de entrega y recogida de las muestras, el personal dedicó una media de 3 minutos diarios. Dado que durante esta fase del flujo asistencial pueden producirse imprevistos que

retrasen la operativa, para el cálculo del coste del personal sanitario se utilizó un valor de referencia de 15 minutos de dedicación.

De este modo, se estimó un coste de 10 € por día de pilotaje en concepto de

personal sanitario, lo que supone 50 € durante las dos semanas.

Por tanto, el coste total del pilotaje fue de 34.234 €.

6.4.2. Impacto medioambiental

A partir de las aproximaciones y cálculos realizados, se obtuvo que el trayecto en una furgoneta estándar desde el CAP hasta el Hospital (10,5 km) genera 2.640 g de CO² equivalente por trayecto.

El dron dispone de dos baterías de 22,2 V con un consumo de 22 Ah, lo que supone un consumo eléctrico de 0,98 kWh. El tiempo medio del trayecto con dron fue de 7 minutos y 32 segundos. Con estos parámetros,

el valor resultante fue de 31,93 g de CO² equivalente por trayecto. **Por tanto, el uso del dron permitió una reducción de las emisiones de CO² del 98,79 % respecto al transporte con furgoneta.**

2.640 g CO₂ eq

Emisiones por trayecto de la furgoneta

31,93 g CO₂ eq

Emisiones por trayecto de dron

98,79%

Porcentaje de reducción de CO²

7. Discusión

Este proyecto ha demostrado el **potencial de la tecnología dron como medio de transporte de muestras biológicas** que puede complementar de forma flexible y eficaz la logística sanitaria en zonas rurales como la Garrotxa. El tiempo de transporte con dron ha supuesto aproximadamente una **cuarta parte del tiempo** empleado en el transporte con furgoneta, con una duración más constante y menos expuesta a las variabilidades propias de la carretera, como el volumen de tráfico o el estado de las vías. Además, el dron ha mostrado **buenas capacidades operativas en condiciones de lluvia ligera**, aunque deben tenerse en cuenta sus limitaciones en escenarios con lluvia intensa y viento fuerte. En estos casos, los drones pueden presentar dificultades operativas, por lo que sería necesario disponer de una alternativa de transporte.

Durante la ejecución de la prueba se obtuvieron buenos **resultados de usabilidad**, si bien la diferencia respecto al umbral de buena usabilidad es marginal. En este proyecto, la recepción de las muestras en el hospital fue realizada por personal sanitario, pero en un futuro esta tarea podría ser asumida por personal administrativo auxiliar o incluso eliminarse mediante la automatización del proceso. Adicionalmente, sería muy recomendable introducir dispositivos y plataformas que permitan una gestión de avisos y alertas del transporte, favoreciendo una mejor coordinación. Asimismo, resulta necesario desplegar **plataformas de aterrizaje** que faciliten la carga y descarga del dron.

Los resultados relativos a la calidad de las muestras son satisfactorios y relevantes, ya que los valores de hemólisis obtenidos con dron son un 47 % inferiores de media respecto a los obtenidos con furgoneta. Estos resultados pueden estar condicionados por el hecho de que la salida del transporte por carretera se produce siempre después de la salida del dron, así como por los movimientos propios del vehículo durante el trayecto.

En cuanto a las variables de laboratorio, los valores de potasio obtenidos con dron son ligeramente inferiores. Respecto a la LDH, también se observa un ligero sesgo a la baja. En este sentido, se aprecia una cierta correlación entre el aumento de las diferencias de LDH y las diferencias del índice de hemólisis, lo que sugiere que una disminución de la hemólisis podría estar relacionada con una disminución de los valores de LDH. Por último, la **concentración de glucosa** se ha mostrado suficientemente estable, sin diferencias significativas entre ambos tipos de transporte.

En relación con los costes, se ha constatado que, en un escenario de un único trayecto diario entre dos centros, el coste del transporte con dron es superior al del transporte con furgoneta. El coste del personal que opera el dron constituye el principal componente del coste total. El aumento de la frecuencia de trayectos con dron (algo viable a corto plazo) permitiría optimizar estos costes por trayecto y mejorar la eficiencia del sistema sanitario.

Dado que, actualmente, el transporte terrestre está actualmente limitado a un servicio matinal con horarios fijos, el uso de drones permitiría establecer **salidas más frecuentes y no programadas**, adaptadas a necesidades inmediatas, evitando que los pacientes deban desplazarse hasta el hospital para diagnósticos urgentes. Esta flexibilidad supondría un beneficio en tiempo y comodidad para los pacientes, especialmente para aquellos con mayores dificultades de movilidad o que residen más alejados del centro sanitario, así como una reducción de los costes asociados a su traslado.

A medio y largo plazo, teniendo en cuenta factores como la depreciación del dron, el coste energético de las baterías y el seguro, los elementos con mayor impacto en la mejora de la eficiencia serían el transporte con entregas a múltiples centros sanitarios (medio plazo) y el aumento del número de drones que puede operar un mismo piloto (largo plazo).

En un escenario futuro (3–5 años), la combinación de estos factores podría permitir reducir el coste por trayecto del transporte con dron hasta niveles comparables con el transporte por carretera.

En cualquier caso, resulta evidente la necesidad de llevar a cabo nuevos proyectos ampliando el número de muestras y aplicando mejoras en el proceso como las mencionadas anteriormente, con el objetivo de reforzar y consolidar la evidencia del uso de drones como método de transporte de muestras biológicas.

8. Conclusiones

Este proyecto ha permitido ejecutar satisfactoriamente el transporte programado de muestras de sangre desde el CAP Vall d'en Bas hasta el laboratorio de análisis del Hospital de Olot.

El transporte se realizó durante los cinco días programados y se trasladaron un total de 108 muestras biológicas con dron, de las cuales 37 correspondían a muestras de sangre, lo que ha permitido evaluar en un entorno real **la eficiencia y eficacia de este sistema.**

El uso de drones ha demostrado ser una **solución logística viable**, con una **reducción significativa del tiempo** de transporte (74,3 % menos) en comparación con el transporte por carretera, además de una mayor estabilidad en la duración del trayecto. La **calidad de las muestras transportadas también ha sido adecuada**, tanto en términos de temperatura y agitación como en las variables de laboratorio. En particular, el índice de hemólisis se redujo en un 47,7 %. Asimismo, el uso de un dron eléctrico permitió **reducir las emisiones** de CO₂ en un 98,8 % respecto al transporte en furgoneta.

En cuanto a la usabilidad de los drones, el análisis inicial indica una **buena integración del dron en el flujo asistencial**, aunque con margen de mejora (puntuación SUS: 74/100). En el futuro, la implementación de mejoras tecnológicas y operativas permitirá perfeccionar la estructura del servicio, optimizar el proceso y reducir los costes.

En definitiva, **los drones abren la puerta a nuevos servicios de transporte que pueden suponer un avance significativo en la logística de distribución de material biomédico.** Su implementación puede permitir también la mejora de la eficiencia y la calidad de los servicios sanitarios, contribuyendo a la reducción de emisiones contaminantes.

Finalmente, **una aplicación más amplia de los drones en trayectos** no programados permitiría ampliar los servicios de los centros de atención primaria, reducir los tiempos de espera de los pacientes y evitar desplazamientos innecesarios, ofreciendo una solución más rápida y cómoda que repercutiría directamente en la calidad del servicio sanitario y en la satisfacción de los pacientes.

9. Referencias

-
- 1.** Infografia Aplicació de drons en l'àmbit de la salut - TIC Salut Social [Internet]. [consultado 31 octubre 2024]. Disponible en: https://ticsalutsocial.cat/wp-content/uploads/2023/10/Cartell_Drons_TICSalut_Bo.pdf
 - 2.** Informe-Integracio-de-Drons-a-Entorn-Salut.pdf [Internet]. [consultado 10 septiembre 2024]. Disponible en: <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]. [consultado 7 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.seguridadarea.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]. [consultado 31 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.transportes.gob.es/aviacion-civil/politica-espacio-aereo/portal-para-la-coordinacion-del-u-space-en-espana/concepto-ospace>
 - 5.** DCA. Olot prova amb èxit el transport de mostres biològiques amb drons [Internet]. DCA. 2023 [consultado 14 diciembre 2023]. Disponible en: <https://dca.cat/ca/2023/05/olot-prova-amb-exit-el-transport-de-mostres-biologiques-amb-drons/>
 - 6.** Mapa Vall d'en Bas.pdf [Internet]. [citado el 9 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.ddgi.cat/municipis/ValldenBas/mapes/Mapa%20Vall%20d'en%20Bas.pdf>
 - 7.** Sant Esteve d'en Bas.pdf [Internet]. [consultado 9 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.ddgi.cat/municipis/ValldenBas/mapes/Sant%20Esteve%20d%27en%20Bas.pdf>
 - 8.** adr_2023_volumen_i_.pdf [Internet]. [consultado 9 octubre 2024]. Disponible en: https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/mitma/docs/adr_2023_volumen_i_.pdf
 - 9.** dgr-65-es-pi650.pdf [Internet]. [consultado 9 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.iata.org/contentassets/b08040a138dc4442a4f066e6fb99fe2a/dgr-65-es-pi650.pdf>
 - 10.** Operaciones con UAS/Drones - Categoría Específica | AESA-Agencia Estatal de Seguridad Aérea - Ministerio de Fomento [Internet]. [consultado 24 enero 2024]. Disponible en: <https://www.seguridadarea.gob.es/es/ambitos/drones/operaciones-uas-drones/operaciones-con-uas-drones---categoria-especifica>
 - 11.** ENAIRE Drones [Internet]. [consultado 14 diciembre 2023]. Disponible en: <https://drones.enaire.es/>
 - 12.** Calculo GEI CeroCO [Internet]. [consultado 25 octubre 2024]. Disponible en: <https://www.ceroco2.org/calculadoras/home>
 - 13.** Factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico. Cambio climático [Internet]. [consultado 10 octubre 2024]. Disponible en: https://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/factors_demissio_associats_a_lenergia/
-

ANEXO I – Escala SUS

La escala SUS es una escala de usabilidad compuesta por 10 ítems con respuestas en escala Likert. Esta escala asigna un valor del 1 al 5 a las respuestas a las preguntas desde totalmente en desacuerdo (1) hasta totalmente de acuerdo (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					