

TFG

**ÚS DE DRONS PER A LA DOCUMENTACIÓ I
REGISTRE D'ESCULTURES I ORNAMENTS**

Presentat per Jaume Mont Olmos

Tutor: Xavier Mas Barberà

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grau en Conservació i Restauració de Béns Culturals

Curs 2015-2016



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES**

RESUM

Les noves tecnologies són cada vegada més emprades en l'àmbit del patrimoni cultural i una de les noves formes de registrar i avaluar béns culturals és l'ús de drons.

L'objectiu principal d'aquest treball ha sigut dur a terme un registre visual d'escultures i ornamentals en zones de difícil accés amb l'ajuda d'un dron. Per altra banda, també s'ha volgut estudiar la situació legal de les aeronaus no tripulades a Espanya, així com els beneficis i inconvenients que té l'ús d'aquesta nova ferramenta.

Per a realitzar aquest Treball de Fi de Grau s'ha buscat informació en les entitats reguladores dels usos d'aeronaus, en articles relacionats i en diferents empreses del sector; a més de captar imatges d'ornaments decoratius en zones poc accessibles amb un dron, seguint un pla de vol i comparant les característiques d'aquest mètode respecte a altres tècniques.

Amb aquesta metodologia s'ha pogut obtenir un registre inicial de diferents decoracions ornamentals que permet observar l'estat de la superfície, la brutícia present i una visió general de l'estat de conservació.

L'ús de drons per al registre i la documentació d'ornaments decoratius ofereix un nou ventall de possibilitats, a més, és més segur per als professionals i estalvia temps i diners respecte a altres tècniques emprades anteriorment.

PARAULES CLAU

Dron – Patrimoni – Conservació – Documentació - Ornamentals

ABSTRACT

New technologies are increasingly used in the field of cultural heritage and one of the new ways to record and evaluate cultural property is the use of drones.

The main objective of this work was to carry out a visual record of sculptures and ornaments in areas difficult to reach with the help of a drone. On the other hand, they also wanted to study the legal status of unmanned aircraft in Spain, as well as the benefits and drawbacks of using this tool.

To perform this Final Degree Work has sought information on the regulatory bodies of the uses of aircraft, related articles and several companies; In addition to capturing images of decorative ornaments in inaccessible areas with a drone, following a flight plan and comparing the characteristics of this method over other techniques.

This methodology has been able to obtain an initial registration of different ornamental decorations that can observe the state of the surface, dirt and present an overview of the condition.

The use of drones for recording and documenting decorative ornaments offers a new range of possibilities also is safer for professionals and saves time and money compared to other techniques used previously.

KEYWORDS

Drone – Heritage – Conservation – Documentation – Ornaments

ÍNDIX:

1- INTRODUCCIÓ p.5

2- OBJECTIUS p.5

3- METODOLOGIA p.6

4- ESTAT DE LA QÜESTIÓ p.7

4.1. DRONS p.7

4.2. NORMATIVA p.8

4.3. PILOTS p.10

4.3.1. Coneixements teòrics p.10

4.3.2. Coneixements pràctics p.11

4.3.3. Certificat mèdic p.12

4.3.4. Escoles capacitades per a formar pilots de drons p.12

4.4. OPERADORS p.12

4.5. TIPUS DE DRONS SEGONS L'ESTRUCTURA p.13

4.5.1. Multi-rotors p.13

4.5.2. Helicòpters pilotats per control remot p. 14

4.5.3. Drons d'ala fixa p.14

4.6. USOS DELS DRONS AL PATRIMONI CULTURAL p.15

4.6.1. Arqueologia p.16

4.6.2. Vigilància p.17

4.6.3. Publicitat i turisme p.17

5- CAS D'ESTUDI p.18

5.1. BASÍLICA MENOR DE SANT JAUME APÒSTOL D'ALGEMESÍ p.18

5.2. SYMA X5C-1 p.20

5.3. PROCEDIMENT p.21

5.3.1. Obtenció d'imatges p.21

5.3.2. Revisió i edició d'imatges p.23

5.3.3. Dibuixos i mapes p.23

6- RESULTATS p.24

7-CONCLUSIONS p.31

BIBLIOGRAFIA

ÍNDIX D'IMATGES

1. INTRODUCCIÓ

Per a realitzar un adequat registre i estudi dels béns culturals s'han fet servir diferents mecanismes i utensilis per tal d'obtenir els millors resultats. Aquests mecanismes moltes vegades s'han vist condicionats per les propietats i les característiques específiques de cada cas, ja que és usual la presència d'obres amb unes dimensions que obstaculitzen la seua visió completa, estan en llocs molt poc accessibles o fiquen en risc el benestar físic dels professionals.

En aquest treball s'ha fet un estudi sobre l'ús de drons com a alternativa a algunes maneres més tradicionals emprats per a la documentació del patrimoni cultural, centrant-se concretament en les escultures i els ornamentals decoratius i la captació d'imatges d'aquests.

Al present Treball de Fi de Grau s'ha fet una recopilació de la informació a tenir en compte per a fer ús d'un dron com a ferramenta útil tant per a documentar béns culturals i, a més, s'ha realitzat la documentació gràfica de la decoració que envolta la part interior de la porta d'accés a la Capella de la Comunió, dins de la Basílica menor de Sant Jaume Apòstol d'Algemés (València), a partir d'imatges obtingudes mitjançant l'ús d'un dron com a ferramenta principal.

L'ús d'aeronaus pilotades per control remot en benefici del patrimoni cultural és una qüestió poc tractada fins fa pocs anys, açò ha sigut provocat en gran part per la lenta i recent desvinculació d'aquestes amb el món militar i la poca informació sobre aquests aparells fora d'àmbits bèl·lics. Aquesta metodologia ha permés obtenir conclusions a partir de l'experiència, els resultats i la informació presents al treball.

2. OBJECTIUS

L'objectiu general d'aquest treball ha sigut aplicar els drons com a ferramenta útil per a documentar ornamentacions situades en zones de difícil accés.

Per altra banda, els objectius específics són:

- Estudiar la situació legal dels drons a Espanya.
- Comparar els beneficis de l'ús de drons respecte a altres tècniques.
- Estudiar la viabilitat de la incorporació dels drons com a utensili habitual per a la documentació d'ornamentals i escultures.

3. METODOLOGIA

La metodologia emprada per a realitzar aquest treball ha estat dividida en tres processos diferents depenent de la finalitat.

Ha hagut una búsqueda bibliogràfica per tal d'obtenir informació relevant per al treball, organitzada de la següent forma:

- **Búsqueda bibliogràfica relativa als drons i les seues aplicacions cap als béns culturals:**
 - Articles relacionats
 - Normativa i regulació
 - Empreses relacionades
- **Búsqueda bibliogràfica relativa al cas d'estudi:**
 - Búsqueda dels tipus de drons presents al mercat
 - Arxius referits a l'obra que s'ha de documentar
 - Fitxa tècnica del dron emprat

Per a fer el registre de l'obra s'ha seguit altra metodologia diferent, organitzada de la següent forma:

- **Abans del vol:**
 - Elecció de l'obra a estudiar
 - Elecció del dron emprat
 - Creació d'un pla de vol on es defineix la ruta que ha de seguir el dron
- **Durant el vol:**
 - Captació d'imatges amb la càmera del dron
 - Ejecció pràctica del pla de vol fet anteriorment
- **Posterior al vol:**
 - Revisió de les imatges
 - Creació de mapes visuals a partir de les imatges obtingudes
 - Descripció d'aspectes de l'obra visibles a les imatges
 - Comparació amb altres mètodes

Per a finalitzar, es traurà una conclusió basada en la reflexió sobre els resultats obtinguts, els aspectes positius, negatius, i les possibilitats que ofereix l'ús de drons per als conservadors i restauradors en allò referent al registre i l'estudi dels béns culturals.

4. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

4.1. DRONS



Fig.1 Dron militar de l'Exèrcit dels Estats Units d'Amèrica.



Fig.2 Anunci d'un dron amb temàtica infantil.

Es denomina dron a tota aquella aeronau que no estiga tripulada i es controle a distància. Aquesta màquina, d'orige militar, ha evolucionat al llarg dels anys fins aconseguir les formes que presenta avui. L'adaptació d'aquest aparell a la societat civil ha fet possible crear models de baix cost que són accessibles per a la major part de la població, apareguent fins i tot en tendes de joguines o d'oci aeronàutic.

Tot i que hi han drons que no tenen càmera incorporada, la presència d'aquestes és extremadament comú, existint fins i tot mecanismes per enganxar càmeres a l'estructura. Aquest és un dels aspectes que més mirades curioses ha despertat arreu del món, ja que la possibilitat d'obtenir imatges des de les altures aporta un gran benefici a un munt de professions. Tant és així que han sortit una gran quantitat d'empreses joves que es dediquen exclusivament a l'ús professional de drons; essent els àmbits més comuns l'industrial, com a ferramenta per a supervisar estructures grans; la publicitat, oferint imatges des d'una visió diferent; la seguretat privada, emprant aquest tipus d'aeronau com a vigilant; i el medi ambient, fent medicions de terrenys, registres fotogràfics, etc. Donat la peculiaritat d'aquests aparells en quant a la forma de ser pilotats, hi han diferents tipus de sistemes de control. Els sistemes de control poden ser:

- Sistemes de control autònom: Aquests aparells requereixen una senyal GPS que els guie a través de punts de referència i segueixen una ruta concretada abans d'enlairar-se. Es comú que s'empren per a feines de llarga distància i que tinguen una gran mida.
- Sistemes de control remot: L'aparell és controlat per un professional que empra un comandament a distància. El comandament es comunica amb el dron mitjançant freqüències de ràdio i fa que actue de forma immediata a les ordres enviades pel pilot. Aquests drons solen ser d'un tamany més reduït que les altres i resulten molt més manipulables en zones interiors¹. Cal dir que aquest tipus de dron és el més indicat per a treballs de documentació de béns culturals degut a la seua maniobrabilitat i el fàcil maneig en espais menuts.

¹SERNA, M. *Uso de aeronaves no tripuladas (RPAS) en la conservación preventiva de bienes culturales*, p. 12.



Fig.3 Logotip de l'Agència Estatal de Seguretat Aèria.

4.2. NORMATIVA

Les aeronaus no tripulades són artilugis emprats en nombrosos sectors, la recent popularització d'aquests han creat la necessitat d'una normativa específica per tal de regular el seu ús.

Cal destacar que aquells drons que siguen volats dins d'un recinte tancat i amb permís de la persona o entitat propietària, no es considera que estiguen envaïnt espai aeri i, per tant, no estan subjectes a la normativa de l'Agència Estatal de Seguretat Aèria². Altre aspecte important és que quan es vola dins d'un recinte tancat, el responsable de l'aeronau i dels desperfectes, pèrdues i danys físics que hi puga fer serà sempre qui la pilote, independentment de la situació particular.

Segons la normativa actual sobre seguretat aèria, les normes i restriccions respecte a l'ús de drons són les següents:

- Les aeronaus civils pilotades per control remot amb una massa màxima d'enlairament superior a 25Kg han d'estar inscrites al Registre de matrícula d'aeronaus i disposar d'un certificat d'aeronegabilitat, quedant exemptes del compliment d'aquests requisits les aeronaus civils pilotades per control remot amb una massa màxima d'enlairament igual o inferior als 25Kg nomenades anteriorment. A més, totes les aeronaus civils pilotades per control remot han de dur una placa d'identificació a la seua estructura on deu constar, de forma llegible a simple vista, la identificació de l'aeronau mitjançant la designació específica i numeració de la sèrie, així com el nom de la entitat operadora i les dades necessàries per a ficar-se en contacte amb la mateixa.

- Es poden realitzar treballs tècnics o científics emprant aeronaus no tripulades sempre que siga de dia i amb unes condicions meteorològiques que permeten un control correcte del dron per part del pilot. A més, es deuen complir els següents requisits:

- a) Les aeronaus civils pilotades per control remot amb una massa màxima d'enlairament que siga inferior a 2Kg sols es podran volar en espai aeri que estiga controlat i en zones llunyanes a aglomeracions d'edificis, ciutats, pobles, llocs habitats o llocs de reunió de persones a l'aire lliure, així com zones d'acampada. A més, no es podran volar més enllà de l'abast visual del pilot, dins de l'abast d'emissió per ràdio de l'estació de control o comandament a distància, i a una altura màxima sobre el terreny no superior a 120m i sempre

²També anomenada AESA, és l'entitat reguladora de l'espai aeri espanyol.

que es tinguen mitjans per a poder conèixer la seua posició. La realització dels vols estarà condicionada a l'emissió d'un NOTAM³ pel proveïdor de serveis d'informació aeronàutica, a sol·licitut de l'operador degudament habilitat, per tal d'informar de l'operació a la resta d'usuaris de l'espai aeri de la zona on vaja a tindre lloc el vol.

b) Les aeronaus civils pilotades per control remot amb massa màxima d'enlairament de 2 a 25Kg, sols podran operar en zones llunyanes a aglomeracions d'edificis, pobles, llocs habitats o de reunió de persones a l'aire lliure. A més, ha de ser en espai aeri no controlat, dins de l'abast visual del pilot, a una distància d'aquest no superior a 500 m i a una altura sobre el terreny igual o inferior a 120 m.

c) Les aeronaus civils pilotades per control remot amb massa màxima al moment d'enlairar-se excedisca de 25 Kg i no siga superior a 150 Kg i aquelles superiors a 150 Kg de masa d'enlairament però destinades a la realització d'activitats de lluita contra incendis o búsqueda i salvament , sols podran operar, amb les condicions i limitacions establertes al seu certificat d'aeronavegabilitat emès per l'Agència Estatal de Seguretat Aèria, en espai aeri no controlat.

d) A més, totes aquestes operacions requeriran:

- Que l'operador disponga de la documentació relativa a la caracterització de les aeronaus que en vagen a emprar, incloent-hi la definició de la seua configuració, característiques i prestacions.

- Que es tinga un manual d'operacions de l'operador que establisca els procediments de l'operació.

- Que s'haja realitzat un estudi aeronàutic de seguretat de l'operació o operacions, en el que es constate que la mateixa pot fer-se amb seguretat. Aquest estudi, que podrà ser genèric o específic per a una àrea geogràfica o tipus d'operació determinat, tindrà en compte les característiques bàsiques de l'aeronau o aeronaus a utilitzar i els seus equips i sistemes.

- Que s'hagen realitzat, amb resultat satisfactori, els vols de prova que resulten necessaris per a demostrar que l'operació que es pretén es puga efectuar amb seguretat.

- Que s'haja establert un programa de manteniment de l'aeronau, ajustat a les recomanacions del fabricant.

- Que l'aeronau estiga pilotada per control remot per pilots que complisquen els requisits establerts.

- S'exigirà als operadors de les aeronaus civils pilotades per control remot una pòlissa d'assegurança o altra garantia financera que cobrisca la responsabilitat civil front a tercers per danys que puguen sorgir durant i per causa de l'execució del vol.

- Que s'hagen pres mesures adequades per a protegir l'aeronau d'actes d'interferència il·lícita durant les operacions, incloent-hi la interferència

³S'anomena NOTAM a qualsevol document informatiu específic destinat a aviadors.



Fig.4 Logotip del Títol Propi de la UPV que forma a pilots de drons

deliberada de l'enllaç de ràdio i establert els procediments necessaris per a evitar l'accés de personal no autoritzat a l'estació de control i a la ubicació d'emmagatzematge de l'aeronau.

- Que s'hagen adoptat les mesures addicionals necessàries per a garantir la seguretat de l'operació i per a la protecció de les persones i béns subjacents.

- Que l'operació es realitze a una distància mínima de 8Km de qualsevol aeroport o aeròdrom i s'hagen establert els oportuns mecanismes de coordinació amb els aeròdroms i aeroports. La coordinació realitzada es deurà documentar, estant obligat l'operador a conservar-la a disposició de l'Agència Estatal de Seguretat Aèria si aquesta la sol·licitara⁴.

4.3. PILOTS

Si es vol ser pilot d'aeronaus pilotades a distància és obligatori demostrar els coneixements teòrics i pràctics necessaris per a realitzar la feina mitjançant certificats oficials i reconeguts per l'AESA. A més de ser major d'edat i tenir un certificat mèdic adequat.

4.3.1. Coneixements teòrics

Aquests coneixements es poden acreditar de les següents formes:

- Presentant una llicència de pilot vàlida que haja estat reconeguda fins cinc anys abans de la seua presentació.
- Mitjançant un certificat d'haver superat els exàmens de la totalitat dels coneixements teòrics requerits per a l'obtenció d'una llicència de pilot expedit per un Estat membre de OACI⁵.
- Mitjançant un certificat individual d'aptitud després de realitzar el corresponent examen oficial de coneixements teòrics per a pilotar ultralleugers.
- Havent obtingut els coneixements teòrics per a l'obtenció d'una llicència de pilot mitjançant les Forces Armades espanyoles o la Guàrdia Civil.
- Si no es pot demostrar per cap dels mitjans anteriors, s'haurà de superar un Cours de formació bàsica o avançada creat per una ATO⁶ d'acord al que es consideren els coneixements teòrics mínims que ha de tenir un pilot d'un RPAS⁷. En cas que una ATO desitjara subcontractar el desenvolupament d'aquests cursos amb una altra organització, hauria d'incloure els programes específics per a RPAS en

⁴ GOBIERNO DE ESPAÑA. *Boletín Oficial del Estado*. Num. 252. Secció 6ª. *Aeronaves civiles pilotadas por control remoto*, p. 83976.

⁵ Organització d'Aviació Civil Internacional.

⁶ Organització d'Entrenament Aprovada (Approved Training Organization).

⁷ Sistemes d'Aeronaus Controlades a Distància (Remotely Piloted Aircraft Systems).

els seus propis, supervisar i fer-se responsable dels continguts i incloure als instructors en el seu quadre d'instructors específic per a RPAS. Igualment haurien d'incloure en la seua pròpia documentació específica per a RPAS les dependències en què s'impartisquen els cursos, en cas de no ser les pròpies⁸.

4.3.2. Coneixements pràctics

Tot aquell que pretenga pilotar una aeronau pilotada per control remot haurà de realitzar un curs de formació pràctica, incloent als qui ja siguen titulars d'una llicència de pilot.

El curs de formació pràctica es dirigirà al coneixement de l'aeronau específica que vaja a operar l'alumne i el seu equip de control. Els cursos de formació pràctica poden ser impartits per:

- El fabricant de l'aeronau
- Una organització autoritzada pel fabricant
- Una ATO o entitat autoritzada per AESA

Independentment de quina organització haja impartit la formació pràctica, s'ha de realitzar un informe a l'AESA i una prova de vol final.

En el cas d'aeronaus de pes màxim d'enlairament no superior a 25Kg, l'operador, una vegada estiga apropiadament habilitat i sempre sota criteri justificat, podrà incloure en la seua declaració responsable inicial o en la modificació de la mateixa a pilots amb certificats de coneixements pràctics en altres aeronaus diferents a les quals va a operar, però similars quant a configuració, pes, sistema de control i actuacions⁹.



Fig.5 Vista aèria de l'aeròdrom de Requena

⁸GOBIERNO DE ESPAÑA. *Op. Cit*, p.83978.

⁹Ibíd.

4.3.3. Certificat mèdic

Els pilots que dirigisquen aeronaus pilotades per control remot de fins a 25Kg de massa màxima d'enlairament hauran de ser titulars, com a mínim, d'un certificat mèdic per a la llicència de pilot d'aeronau lleugera (LAPL)¹⁰

4.3.4 Escoles capacitades per a formar pilots de drons

A Espanya hi ha un total de 70 escoles d'aviació que estiguen en disposició legal d'oferir titulacions oficials de pilots de drons. Tot i que existeixen gran quantitat de centres on s'oferixen cursos i activitats relacionades amb les aeronaus no tripulades, com és el cas de la Universitat Politècnica de València, ho fan gràcies a acords signats amb alguna ATO capacitada i obtenint certificats d'aquesta, sent totalment oficials els documents que emetisquen. Algunes de les ATO de la llista ofereixen, a més, una formació a distància, sent una opció cada vegada més emprada per la seua comoditat¹¹.



Fig.6 Logotip de l'Aeroclub de Castelló.

4.4. OPERADORS DE DRONS

Per a habilitarse com a operador d'RPAS de menys de 25Kg per a la realització de treballs tècnics o científics cal presentar a l'AESA una

¹⁰Permís per a pilotar aeronaus certificades com a avions, amb menys de 4 passatgers i fins 2000Kg de massa màxima.

¹¹ AESA. Ministerio de Fomento. *Cursos de RPAS en ATOs (Organizaciones de Formación Aprobadas)*.



Fig.7 Fotografia del multi-rotor tricòpter UFO Drone



Fig.8 Fotografia del multi-rotor quadricòpter DJI® Phantom 3 Advanced.



Fig.9 Fotografia del multi-rotor hexacòpter JJRC H20.



Fig.10 Fotografia del multi-rotor octocòpter DJI® Spreading Wings S1000.

comunicació prèvia i una declaració de responsabilitat amb una antelació mínima de 5 dies abans d'iniciar les operacions.

Els procediment a seguir per tal de realitzar una operació amb un dron és la següent:

- Sol·licitar la realització de vols de prova que demostrin que la operació pot fer-se amb seguretat. Cal tenir la documentació de totes les aeronaus que s'han de volar, un estudi aeronàutic de seguretat, un pla de vol i una assegurança de responsabilitat civil que pugui cobrir desperfectes per vehicles aeris en vigor.
- Realització dels vols de prova sense ningun incident.
- Presentació de la comunicació a l'AESA i la declaració de responsabilitat per a habilitar-se com a operador de treballs tècnics i científics. Cal presentar un certificat del bon estat de les aeronaus a emprar, un estudi aeronàutic de seguretat i la documentació acreditativa com a que has realitzat els vols de prova de forma segura.

La documentació necessària es pot presentar en qualsevol organ administratiu d'Espanya, a les oficines de correus, a consultats espanyols i en aquelles entitats alienes a l'Administració de l'Estat que tinguen el conveni oportú¹².

4.5. TIPUS DE DRONS SEGONS L'ESTRUCTURA

Com que s'anomena dron a tota aquella aeronau que es piloteja a distància i sense tripulació a bord, aquest terme tan ampli fa necessari a que es facen distincions dels tipus de drons a partir de les seues característiques, ja que la seua utilitat dependrà en gran mesura d'aquestes. Tots els tipus tenen la opció de poder dur una càmera, ja siga incorporada a la pròpia estructura o incorporada de forma independent al propi dron.

4.5.1. Multi-rotors

Aquest tipus és el més comú actualment, açò es deu a la facilitat per a pilotar-los, la seua gran versatilitat, i per la rapidesa de fabricació degut a la senzillesa del seu muntatge, encara que no solen superar els 15 minuts d'autonomia. Els multi-rotors són aquells drons que tenen més de dos motors i que els empren tots per a mantenir-se en l'aire. Els motors són elèctrics, i depenen de la quantitat d'aquests reb un nom o altre:

¹² AESA. Ministerio de Fomento. Art.50 Ley 18/2014. *Procedimiento para habilitarse como operador de RPAS <25Kg para realizar trabajos técnicos o científicos.*



Fig.11 Helicòpter Syma® S37 Raptor.

- Tricòpters: Drons amb tres motors (Fig.7)
- Quadricòpters: Drons amb quatre motors (Fig.8)
- Hexacòpters: Drons amb sis motors (Fig.9)
- Octocòpters: Drons amb huit motors (Fig.10)

Habitualment cada motor correspon a un braç que ix de l'estructura central del multirrotor, en el cas d'aquells que hi tenen dos motors per braç, reben el nom de multi-rotors coaxials. Aquests drons solen ser més lleugers que aquells que sols en tenen un per braç, però per altra banda aquesta disposició resta eficiència aerodinàmica a l'aparell.

Un aspecte a destacar d'aquests tipus de drons és que un major nombre de braços sol ser sinònim d'una major estabilitat i potència, però, per altra banda, també d'un major consum¹³.

4.5.2. Helicòpters pilotats per control remot

Aquest tipus d'aeronau pilotada per control remot es caracteritza per tenir un sol motor de gran tamany i, habitualment, un motor menut per tal d'optimitzar la direcció de l'aparell. (Fig.11)



Fig. 12 Dron d'ala fixa Parrot® Disco FPV.

Aquests drons són molt més eficients aerodinàmicament que els multirrotors i la seua autonomia pot ser superior a una hora, sobretot quan s'empren motors de combustió.

El principal problema d'aquests drons és la complexitat que tenen a nivell mecànic i de muntatge, a més de la necessitat de revisar-lo i ajustar-lo abans de qualsevol vol per tal de tenir un control acertat de l'aparell, augmentant el cost del producte per al propietari¹⁴.

4.5.3. Drons d'ala fixa

Aquests drons es caracteritzen per tenir una estructura semblant a la d'un avió, sent l'únic amb dues ales immòbils, una a cada banda de l'eix central, i un o més motors que poden ser elèctrics o de combustió. (Fig.12)

Els drons d'ala fixa poden aconseguir una autonomia de varies hores, ja que són els més òptims aerodinàmicament, però tenen l'inconvenient de no poder

¹³DRONE SPAIN®. *Tipos de drones*, p.1

¹⁴Ibid

mantenir-se estàtics en un lloc, ja que depenen en gran mesura de les corrents de vent del seu entorn per a planejar.

Aquest tipus d'aeronau no tripulada és molt útil per a captar imatges de terrenys de gran extensió, però no és gens òptim per a obtenir imatges en zones més específiques, restant-li utilitat al sector del patrimoni cultural ¹⁵.

4.5 USOS DE DRONS AL PATRIMONI CULTURAL

Els drons, tot associar-se popularment a maniobres i atacs militars, s'han anat emprant aquests darrers anys a diferents sectors gràcies a les possibilitats que ofereix, sent la presència de càmeres a bord d'aquests aparells un dels seus punts forts, juntament amb el factor econòmic, la controlabilitat i el baix cost respecte d'altres aeronaus. El del patrimoni cultural, entre d'altres, ha sigut un dels que s'ha vist beneficiat per aquests aparells ja que les seues característiques poden oferir imatges que resultarien molt cares d'obtenir amb altres mètodes. Cal destacar que qualsevol aeronau amb tripulació dins d'ella implica un cost prou elevat que, en cas d'emprar-se amb una finalitat relacionada amb la cultura, assoliria gran part dels pressuposts destinats a aquest àmbit. D'aquesta forma, els drons resulten la alternativa econòmica a la resta d'aeronaus, ja que poden obtenir resultats semblants o inclús millors, però amb menor impacte econòmic per a qui els empra.

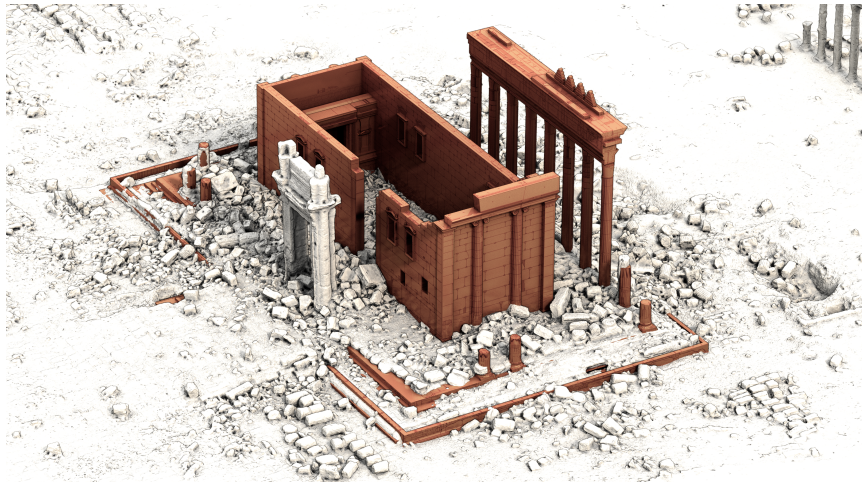


Fig.13 Reconstrucció en 3D del temple de Bel, a Síria, a partir de les fotografies d'un dron. Realitzat per l'empresa Iconem.

Els exemples d'empreses i institucions que fan servir aeronaus pilotades per control remot per a millorar el seu treball són cada vegada més nombrosos. Entre d'elles podem trobar la propia Comunitat de Madrid, que va emprar

¹⁵QUEST UAV. *Ala fija vs ala rotatoria para UAV aplicaciones de mapas*, p.1

drons per a realitzar la inspecció i el seguiment de la restauració de l'Església Parroquial de Sant Pere Apòstol¹⁶; o l'empresa Iconem (Fig.13), famosa recentment per col·laborar amb la Direcció General de les Antiguitats i Museus de Síria (DGAM) en la digitalització del patrimoni arquitectònic de la ciutat de Palmira mitjançant l'ús de drons¹⁷.

4.5.1 Arqueologia

A sovint, els arqueòlegs tenen dificultat per a detectar jaciments arqueològics si estan situats en zones poc accessibles o en espais on no es poden detectar els elements que t'indiquen la presència d'aquests.

La possibilitat d'oferir imatges de vistes aèries permet canviar la forma de veure el terreny, a més, pot ser útil per a crear ortofotos i elevacions mitjançant la reproducció 3D dels terrenys (Fig.14). Amb aquesta nova visió, la qual permet veure més quantitat de territori d'una sola ullada, es poden observar les alteracions als estrats superficials del terreny que es deuen a estructures soterrades, facilitant la feina dels professionals a l'hora de trobar jaciments i restes arqueològiques¹⁸.



Fig.14 Reproducció del complexe arqueològic Incawasi amb tecnologia 3D.

A més, la utilització de drons pot permetre la monitorització de jaciments ja descoberts, captant imatges cada certs temps per tal d'observar les alteracions que sofreix, els possibles robatoris, el canvi de lloc de les diferents peces i elements que conformen el total del jaciment. Aquesta aplicació resulta molt útil en zones on és comú el robatori d'objectes arqueològics, a xicoteta o gran

¹⁶COMUNITAT DE MADRID. Gabinet de Comunicació. *La Comunidad de Madrid finaliza los trabajos de restauración de la Iglesia Parroquial de Algete*, p.1.

¹⁷Iconem®. *Syrian Heritage*.

¹⁸Dueñas, M. *Registro arqueológico 3D mediante la fotogrametría de rango corto*, p.54.

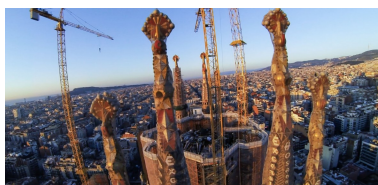


Fig.15 Vista aèria de la Sagrada Família de Barcelona.

escala. El govern del Perú fou un dels primers organismes que va incorporar els drons per a protegir el patrimoni arqueològic, en gran part per la enorme quantitat de jaciments que es quedaven descuidats, i en nombroses ocasions ha fet resó dels beneficis que els hi aporta tant per a estudiar els terrenys, fer reproduccions tridimensionals com per a vigilar les zones més abandonades.. La modelització tridimensional del terreny a partir d'imatges obtingudes per aeronaus, a més d'una forma d'enregistrar un territori, també permet facilitar la detecció de nous jaciments i l'estudi d'aquells ja descoberts. La visió tridimensional d'un terreny a xicoteta escala ajuda a que els professionals puguin obtenir més informació i observen la zona amb una visió més general¹⁹.

La localització de restes arqueològiques submergides a poca profunditat baix l'aigua és altra de les aplicacions. El procediment és semblant a la detecció de jaciments soterrats, però, en lloc d'observar les alteracions a la superfície terrestre, per a aquesta finalitat es capten imatges de superfícies d'aigua on es busquen siluetes visibles, restes que isquen o bé elements visibles des de l'aire. La capacitat de sobrevolar mars, oceans, rius o zones inundades és comú amb quasi qualsevol aeronau, però el tamany reduït que poden tenir alguns drons els permet apropar-se més a la superfície sense modificar la visibilitat d'aquesta, una característica que dona ventaja a aquesta ferramenta respecte d'altres.

4.5.2 Vigilància

Els drons solen ser emprats com a vigilància principalment en l'àmbit industrial, però, poc a poc, aquesta tendència està moguent-se cap a la vigilància dels béns culturals d'esglésies, jaciments arqueològics, museus i, en general, tots aquells àmbits on pot haver-hi patrimoni cultural de valor.

La vigilància no es limita simplement a la prevenció de robatoris o actes bandàlics. La possibilitat d'obtenir imatges en temps real fa possible que s'empren drons per a vigilar els mateixos treballadors, observant la correcta execució de la seua feina, la forma de manipular els objectes, i tot allò que pugua ficar en perill el benestar de l'obra o obres amb les que es treballa²⁰.

4.5.3 Publicitat i turisme

La captació d'imatges aèries està sent una ferramenta molt útil per a turoperadors, ajuntaments i tècnics de patrimoni en quant a la promoció del

¹⁹ARQUEOLOGÍA DIGITAL. Govern de Perú. Ministeri de Cultura. *Perú incorpora drones para conservar su riqueza arqueológica.*

²⁰DRONE BY DRONE®. *Trabajos en el ámbito de la obra civil, mantenimiento y conservación.*

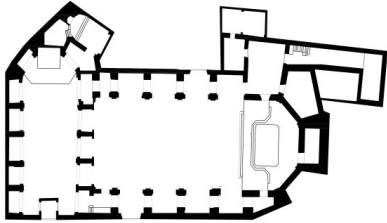


Fig.16 Plànol de la Basílica Menor de Sant Jaume Apòstol d'Algemesí.



Fig.17 Façana i campanar vist des de la Plaça Major de la ciutat d'Algemesí.

seu patrimoni cultural. Aquestes imatges ofereixen una visió diferent de festivals, catedrals, castells, places, esdeveniments i tots els elements que representen una manifestació cultural i estètica, creant una nova forma d'activació patrimonial encarada al turisme i, conseqüentment, una manera d'afegir valor als béns culturals.

Cal destacar, per altra banda, la facilitat per a fer una digitalització dels béns culturals que ofereix l'ús de drons, així com la importància d'aquestes digitalitzacions per a la promoció de la cultura i inclús la creació de rèpliques a escala per a popularitzar aspectes culturals que convinguen.

5. CAS D'ESTUDI

El cas d'estudi d'aquest treball ha sigut la recollida d'imatges, mitjançant l'ús d'un dron, d'una zona de la Basílica Menor de Sant Jaume Apòstol d'Algemesí (Fig.16), així com la elaboració d'un mapa visual fet a partir de les imatges obtingudes.

La zona concreta on s'ha efectuat l'estudi és a l'estructura decorativa que envolta la part interior de la porta d'accés a la Capella de la Comunió, coneguda anteriorment com a Parròquia Primitiva.

5.1. BASÍLICA MENOR DE SANT JAUME APÒSTOL D'ALGEMESÍ

Aquest temple està situat a la localitat d'Algemesí, al sud de la província de València, i forma part de la gran quantitat d'edificacions religioses fundades en zones de colonització cristiana de territori àrab després de la conquesta del Rei Jaume I d'Aragó, a finals del segle XIII. Aquesta parròquia fou dedicada a Sant Jaume Apòstol, per oferir glòria al monarca i agraïment al sant, a qui se li van atribuir miracles a la batalla en benefici de les tropes cristianes.

Els mateixos parroquians van tenir un paper notori per ensalçar el valor estètic del temple, ja que en nombroses ocasions foren ells qui compraren gran quantitat d'objectes de culte i participaren en la decoració i ornamentació de l'edifici. Aquest temple, a més de ser un recordatori de fe per a camperols i habitants de la zona, fou una manera d'informar de catàstrofes i esdeveniments importants mitjançant el toc de campanes (Fig.17).



Fig.19 Porta interior de la capella de la Comunió.



Fig.20 La Muixeranga, un dels balls de la Festa de la Mare de Déu de la Salut d'Algemesí davant de la façana del Temple.

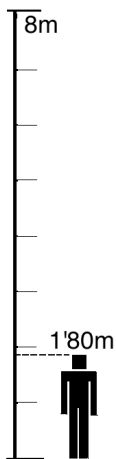


Fig.21 Comparació de la mida humana amb la del portal.

L'actual edificació fou bastida a finals del segle XVI, baix la direcció del mestre d'obres Domènec Gamieta i amb l'ajuda dels Mestres picapedrers Joan d'Alacant i Joan Matalí.

L'edifici, de planta basilical, hi té una mida de 38 metres de llargària, 13'7 metres d'ample a la nau central i uns 18 metres d'alçada. Aquesta esglèsia té una planta de cinc trams, coberts amb portes nervades, amb capelles laterals per on s'obri. L'estructura es tanca amb un absis de cinc costats. Prop de la capçalera están situats diferents habitacles destinats als diferents usos del personal del temple. Les naus laterals, separades de la central mitjançant arcs forners decoratius, s'han transformat en capelles, cadascuna dedicada a un personatge religiós de gran importància per a la població cristiana de la localitat.

L'antiga parroquia primitiva, on es captaran les imatges de l'estudi (Fig.18 i 19), fou transformada l'any 1720 en capella de la Comunió i dedicada a la Mare de Déu de la Salut, una figura religiosa molt important per a la ciutat per la seua vinculació a les festivitats locals. L'interior d'aquesta zona està decorat amb estil xurrigueresc, amb diferents marbres al sòl, el sòcol i les columnes. La mida d'aquesta capella té una mida de 25 metres de longitud, 9'5 d'ample i 12 metres d'altura. Un tamany òptim per a volar un dron menut, ja que hi ha suficient espai per a maniobrar de forma adequada.

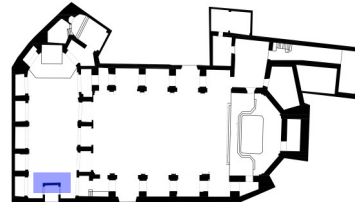


Fig.18 Zona concreta d'estudi dins de la capella de la Comunió destacada en blau sobre el plànol general.

Aquest temple, de gran importància per a la gent local, ha tingut nombroses intervencions dedicades a la seua restauració i acondicionament per tal de millorar la imatge cap a turistes, visitants i els propis habitants de la població d'Algemesí²¹. Cal destacar la importància d'aquest temple en relació a la Festa de la Mare de Déu de la Salut d'Algemesí, una festivitat que fou definida com a Patrimoni Immateral de la Humanitat per la UNESCO l'any 2011 i que conté balls i recreacions tan emblemàtiques com la Muixeranga (Fig.20), els Tornejants, i la propia entrada de la Verge dins de la Basílica²².

²¹FERRAGUD, C. *Breu història del temple parroquial de la Basílica Menor de Sant Jaume Apòstol d'Algemesí*.

²²UNESCO. *La fiesta de "La Mare de Déu de la Salut" de Algemesí*



Fig.22 Vista cenital del Syma® X5C amb acotacions.



Fig.23 Vista frontal del Syma® X5C amb cota d'alçada.

L'estudi es farà de la decoració que envolta la part interior de la porta d'accés a la capella de la Comunió. Aquesta estructura té una mida de 8 metres d'altura i 4 d'amplària aproximadament segons informa el personal de la institució. La part frontal consta de dues columnes, rodejant la gran porta del centre, i amb funció purament ornamental, que culminen a la part de dalt en dos capitells amb motius vegetals. Si pujem més amunt veurem ornamentals geomètrics i vegetals que cobreixen totes les cantonades, envoltant un text on hi ha escrit *Nobis Natus Ex*, amb gran connotació religiosa. A sobre d'aquests, descansa un conjunt de tres escultures independents, dues d'elles amb idèntica forma, i totes elles amb relleus florals a les bases, i presentant formes inspirades en el Sant Calze. A l'escultura central es fa evident la referència a aquest, ja que mostra el relleu d'una copa en la zona central d'una corona daurada, representant així el caràcter eclesiàstic de l'objecte. Les dues zones laterals imiten l'estètica de la frontal, tenint únicament una columna apegada a la pared del temple, formant una imatge molt més senzilla, ja que són parts molt menys visibles que la frontal. La totalitat de l'estructura decorativa que envolta la porta està feta de fusta, encara que ha sigut pintada per damunt per tal d'imitar materials més cars, com els marbres o l'or.

5.2 SYMA® X5C

El dron emprat per a realitzar l'estudi és el Syma® X5C (Fig.22 - 26), una aeronau pilotada a distància per control remot amb una càmera incorporada a l'estructura, activable mitjançant el comandament i El preu de mercat d'aquesta unitat varia entre els 40 i els 100 euros. Les característiques de l'aparell són les següents:

Fig.26 Taula explicativa de les dades i característiques del Syma® X5C.

Nom del producte	Syma® X5C	
Marca	Syma®	
Tipus	Quadricòpter multi-rotor	
Motors	4 motors Brushed	
Comandament	Freqüència	2.4 GHz
	Canals	4
	Distància màxima de control	50 metres
	Alimentació	4 piles de tipus AA
Càmera	HD de 2mpx incorporada	
Bateria	3.7 V 500 mAh	
Forma de carregar la bateria	Adaptador USB	
Temps de càrrega de la bateria	75 minuts	
Temps de vol	7 minuts	



Fig.24 Detall de la càmera del Syma® X5C.



Fig.25 Comandament a distància del Syma® X5C.

Mesura	31 x 31 x 8cm
--------	---------------

Aquest aparell és un dron quadricòpter multi-rotor de baix cost amb càmera incorporada. La seva finalitat dins d'aquest treball és la de captar imatges generals d'una decoració de la Basílica Menor de Sant Jaume Apòstol d'Algemesí, fent possible que s'elaboren mapes visuals de les formes i volums que presenta l'obra, així com els danys o alteracions que resulten visibles a simple vista. Per a un estudi més exhaustiu es necessitaria un dron professional o semi-professional, ja que aquests tenen una càmera de major qualitat, o inclús adaptador per anexionar dispositius externs.



Fig.27 Syma® X5C captant imatges de les decoracions.

5.3 PROCEDIMENT

El procediment a seguir ha estat dividit en tres punts realitzats de forma consecutiva, ja que cadascun depèn directament del seu anterior.

El primer ha consistit en la captació d'imatges mitjançant el seguiment d'un pla de vol concret i perseguia l'objectiu d'obtenir informació visual de cada zona de l'obra; el segon punt consistia en la revisió i edició de les imatges, la creació de fotomuntatges que resulten útils per a l'estudi de l'obra i la búsqueda d'alteracions i desperfectes que resulten visibles; i el tercer punt ha consistit en la elaboració d'arxius visuals, dibuixos i mapes de danys que plasmen els contorns, l'estètica i els desperfectes de l'obra que s'hagen detectat al punt anterior.

5.3.1 Obtenció d'imatges

Per tal de facilitar el procés s'han efectuat gravacions en lloc de fotografies, d'aquesta forma s'han pogut triar els fotogrames desitjats de cada seqüència d'imatges, oferint un ventall més ampli d'arxius visuals i una optimització del temps de vol (Fig.27). El procediment seguit per tal d'obtenir les imatges desitjades és el seguiment d'un pla de vol estructurat en tres fases diferenciades entre si. A continuació es descriuran les característiques de cadascun d'ells i es mostrarà, de forma clara i mitjançant imatges, cada part del pla de vol:

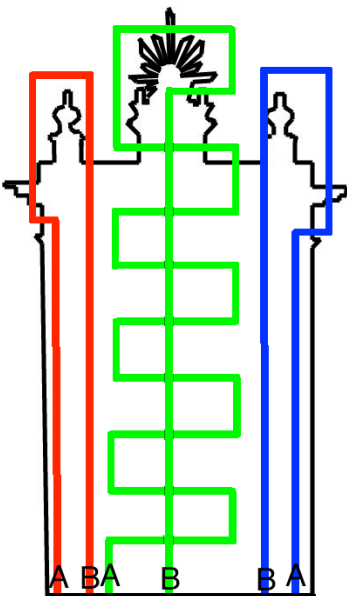


Fig.28 Representació gràfica de la primera fase del pla de vol.

- La primera fase del pla de vol ha consistit en la captació d'imatges, a curta distància, de la part frontal de la zona d'estudi. El dron s'ha hagut d'elevat tres voltes: la primera per a captar informació de la zona frontal dreta, mostrada en blau a la següent imatge (Fig. 28); la segona per tal de captar informació de la zona frontal esquerra, mostrada en

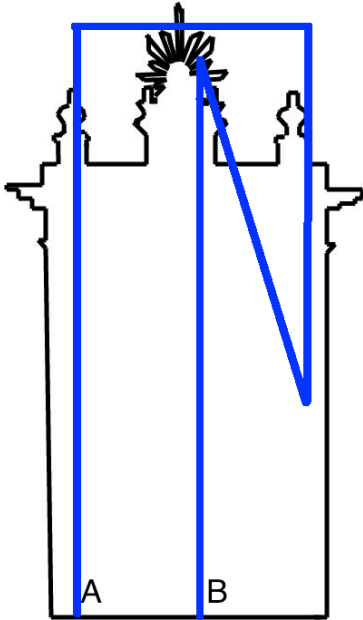


Fig.29 Representació gràfica de la vista frontal de la segona fase del pla de vol.

- roig; i la tercera per captar imatges de les zones intermitjes de l'obra i que no s'hagueren pres en les altres dues gravacions, mostrada en verd.
- La segona fase (Fig.29 i 30) s'ha centrat en obtenir imatges generals del frontal de l'obra. Com que l'objectiu de la càmera no pot captar la totalitat de la zona a estudiar, el dron ha seguit una ruta que intenta captar el major nombre de zones. Aquesta fase es limita, igual que la anterior, a la zona frontal, ja que els laterals queden en un segon plànol i resulten poc visibles per als espectadors, a més, la falta d'espai no ha permès allunyar el dron correctament. A continuació es mostren dues imatges que representen la segona fase del pla de vol vista des del lateral esquerre i des del front.

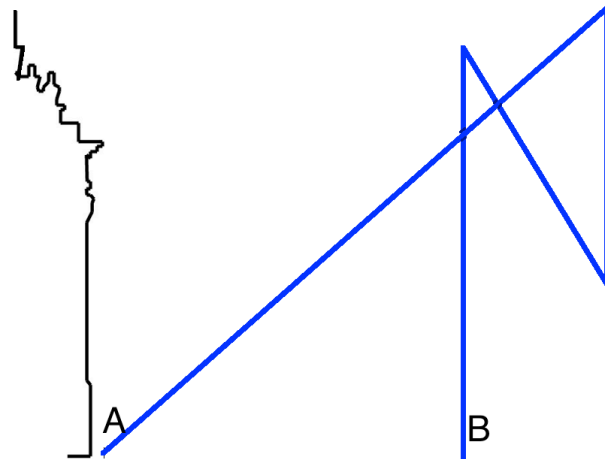


Fig.30 Representació gràfica de la vista lateral de la segona fase del pla de vol.

- La tercera fase del pla de vol (Fig.29 i 30) ha consistit en la obtenció d'imatges dels laterals de la zona d'estudi, centrant-se principalment en la zona superior, on està la major part dels ornamentals i escultures de l'obra. Les dues imatges següents corresponen a la ruta a seguir pel dron en cada lateral.

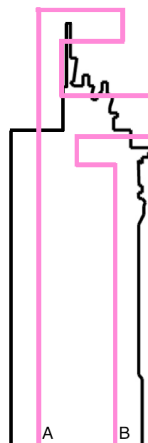


Fig.31 Representació gràfica de la tercera fase del pla de vol al lateral esquerre de l'obra.

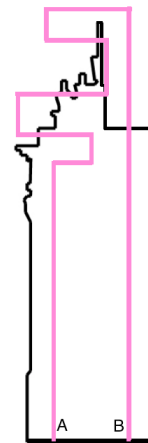


Fig.32 Representació gràfica de la tercera fase del pla de vol al lateral dret de l'obra.

5.3.2 Revisió i edició d'imatges

Una vegada ha sigut realitzada la gravació s'han extret documents gràfics que ens permeten realitzar l'estudi encertadament. Per tal d'aconseguir això s'han tret fotogrames individuals del vídeo, creant així recursos fotogràfics fàcils d'emprar i editar.

Com que en algunes de les imatges no es té una bona visió de formes i volums degut a la baixa il·luminació de la capella on s'ha realitzat l'estudi, ha resultat oportú editar la qualitat de les imatges, ampliant contrast, elevat la quantitat de llum o definició d'aquesta.

La recerca d'alteracions en l'obra s'ha fet mitjançant la revisió dels arxius visuals obtinguts. Aquest mètode ha permès apreciar zones de brutícia o pèrdues en llocs que no es poden observar sense elevar notòriament la localització de l'observador, essent de gran ajuda per a una futura intervenció.

Per tal d'obtenir resultats més òptims, s'han realitzat diversos fotomuntatges que han permès observar, de manera general, les dades més rellevants, les proporcions, i una millor visió de la totalitat de l'obra, transmetent informació difícil d'apreciar amb les imatges individuals. Aquests muntatges han consistit en la superposició i agrupació de diversos fotogrames que enfoquen zones consecutives que, completant-se entre elles, formen una representació adequada de diferents sectors de l'obra amb una gran mida.

5.3.3 Dibuixos i mapes

Per tal de mostrar una visió clara de les estructures, volums, alteracions i característiques de l'obra s'han realitzat una sèrie de mapes visuals on queden reflectides les formes de cada element. A més, s'ha realitzat un mapa de danys general on es mostren les alteracions presents a l'obra des de tres punts de vista diferents: frontal, lateral dret i lateral esquerre. Els programes emprats han sigut Adobe® Illustrator CC, Adobe® Photoshop CC i Paintbrush.

6. RESULTATS

La gran mida del portal de la capella de la comunió de la Comunió exigeix l'ús de material especialitzat per tal de documentar la totalitat de l'estructura. Haver emprat un dron i la seua càmera per a realitzar aquesta feina ha suposat un benefici en quant al temps i els diners emprats. La captació d'imatges ha sigut profitosa i s'ha pogut obtenir un registre adequat de l'obra desitjada.

Les imatges obtingudes s'han vist afectades per la baixa il·luminació, rebaixant la qualitat d'aquestes i, per tal de minimitzar aquest fet, s'han editat adequant el contrast i la llum de cadascuna. El pla de vol que s'ha seguit ha aconseguit detectar zones de brutícia, pèrdues, volums, i aspectes ocults de la decoració d'aquest portal que no són visibles des de baix. Les imatges que s'han obtingut han permés observar la zona de darrere de l'escultura que corona el portal, permetent veure el cablejat ocult que passa per aquesta zona (Fig.33). A més, s'han pogut veure superfícies descobertes a la part de dalt d'ornaments de la zona superior on resulta visible l'estructura interna, sent aquests llocs predisposats a l'acumulació de pols i brutícia (Fig.34). Altre aspecte útil ha sigut la possibilitat de visualitzar frontalment o des de dalt les decoracions situades a gran altura (Fig. 35 i 36), un fet que sense l'ús del dron hagués requerit el muntatge de bastides i escales.

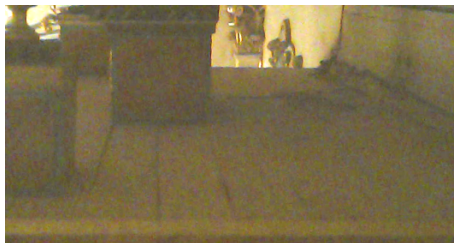


Fig.33 Visualització del cablejat ocult.



Fig.34 Zona descoberta de les ornamentacions de la zona superior.



Fig.35 Detall de decoracions florals



Fig.36 Vista de la part superior.

Degut a la gran mida del portal, s'ha requerit realitzar fotomuntatges de diferents imatges que creen una més gran que pot transmetre una visió més general de l'obra (Fig.37-39). Aquests muntatges resulten de gran utilitat a l'hora de simplificar la creació mapes generals, oferint una major quantitat d'informació. La creació d'aquests muntatges s'ha basat en la superposició d'imatges relacionades entre elles, fent coincidir les parts que tenien en comú i creant un nou arxiu visual més complet.



Fig.37 Fotomuntatge que mostra la totalitat de la part frontal del portal des de gran altura.



Fig.38 Fotomuntatge que mostra gran part d'una de les columnes frontals i el seu deteriorament.



Fig.39 Fotomuntatge que mostra la porta d'entrada a la capella.

Gràcies als fotomuntatges, les imatges de detall i les gravacions obtingudes amb el Syma® X5C , s'han pogut crear mapes visuals que mostren de forma senzilla les formes i proporcions de l'estructura ornamental de la porta d'entrada a la capella de la Comunió. Els mapes visuals s'han creat buscant oferir tres vistes diferents del cas d'estudi: Una visió frontal (Fig.40), una visió de les escultures de la zona superior (Fig.43), i dues laterals (Fig.41 i 42), corresponent les laterals a cadascun dels costats visibles del portal.

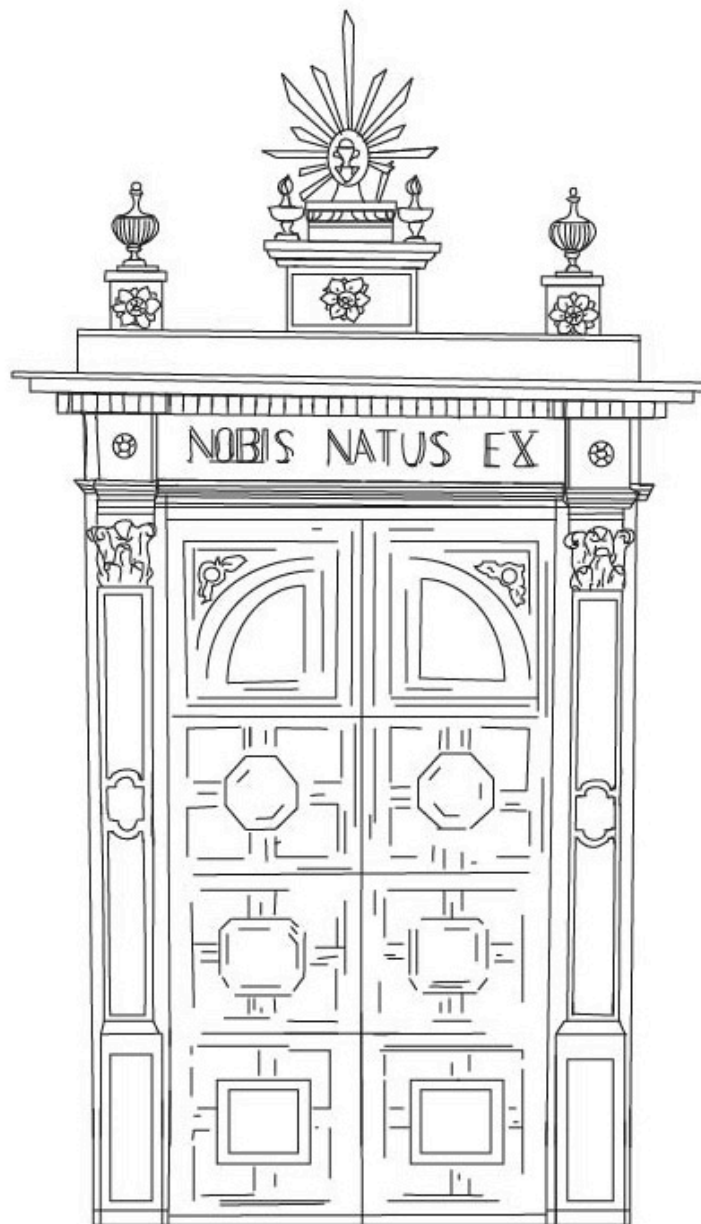


Fig.40 Vista frontal del portal interior de la capella de la Comunió.

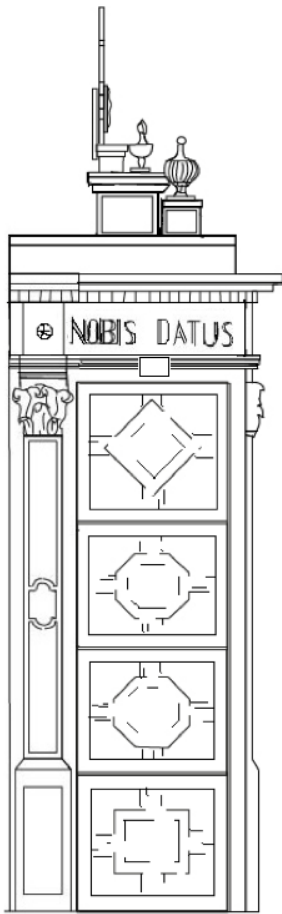


Fig.41 Lateral dret del portal interior de la capella de la Comunió.

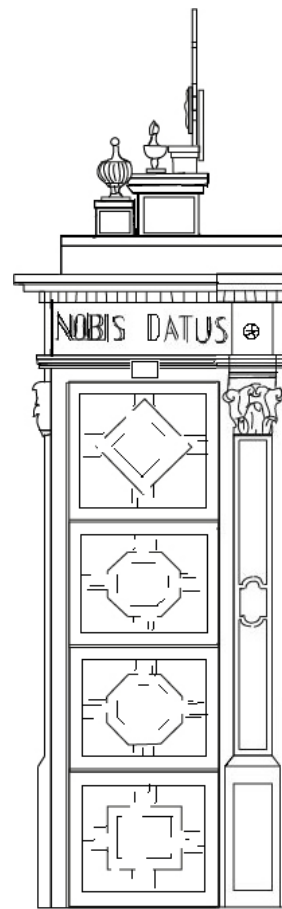


Fig.42 Lateral esquerre del portal interior de la capella de la Comunió.

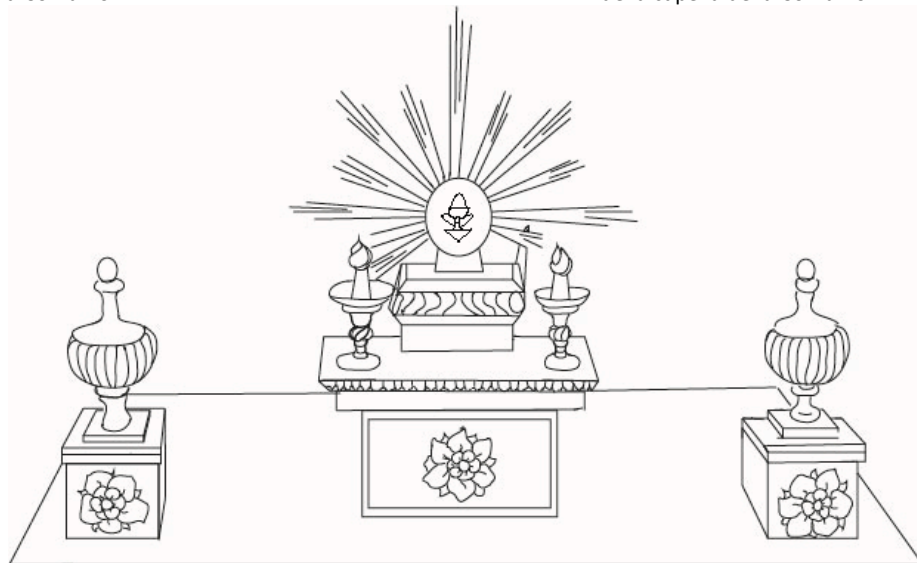


Fig.43 Visió frontal alçada de les escultures de la zona superior del portal d'entrada a la capella de la Comunió.

A partir de les representacions gràfiques vistes anteriorment s'ha elaborat un mapa de danys on es mostren tres vistes, la visió frontal i les dues laterals, on es veuen indicades les alteracions de cada zona(Fig.44).

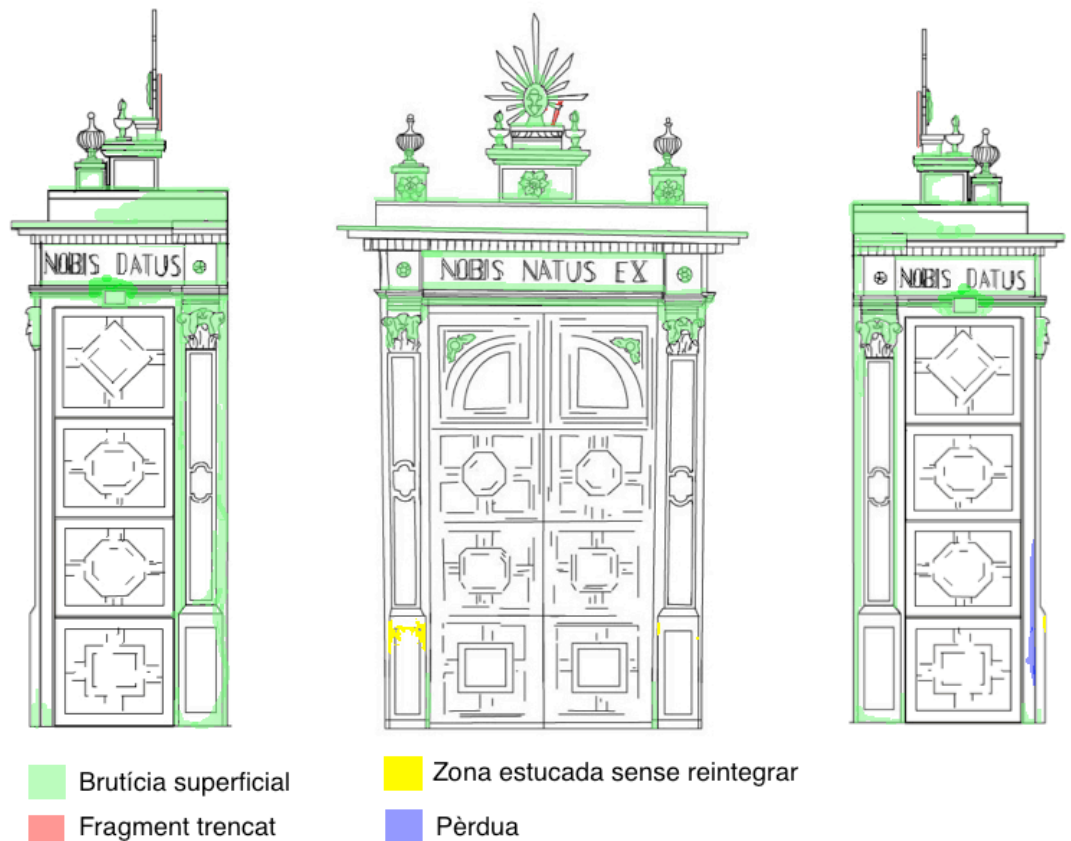


Fig.44 Mapa de danys del frontal i els dos laterals del portal interior de la capella de la Comunió

En aquest mapa de danys es pot observar que gran part de la brutícia està acumulada en zones prou altes, sent més insistent en cantons i seguint una tendència lògica, ja que és més comú que s'acumule pols i residus en zones menys accessibles o amb una mala ventilació, creant un espai idoni en aquells racons on no es pot netejar sense mecanismes per a elevar-nos.

A part de la brutícia present s'observen tres alteracions. Primerament veiem les dues de la zona inferior, una pèrdua considerable de la fusta que forma l'estructura (Fig.45), deixant a la llum el material intern, i una zona estucada (Fig.46). Cal recordar que aquesta capella, com la resta de la basílica, ha sigut restaurada en nombroses ocasions i, degut nombroses vegades a la falta de presuposts, han hagut de ser restauracions molt selectives, o bé no han pogut acabar-se de fer. Açò explica que una pèrdua sí que haja sigut

estucada i l'altra no, a més de la falta de reintegració cromàtica en aquella restaurada. També explica algunes peculiaritats de la brutícia, com per exemple als capitells, on hi ha una zona constant en tots ells on sembla haver-hi un daurat impolut i de fabricació recent, mentre zones immediates presenten gran quantitat d'acumulació de pols i pèrdua de brillantor (Fig.47 i 48).



Fig.45 Zona estucada.



Fig.46 Zona de pèrdua.

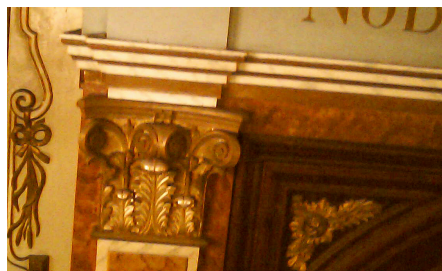


Fig. 47 Capitell daurat.

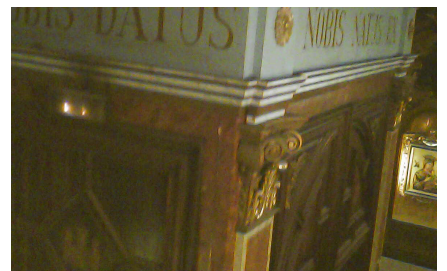


Fig.48 Capitell daurat vist des d'un lateral.

Un dels danys a destacar ha sigut el trencament d'un dels braços de la corona que envolta el relleu del Sant Calze, a la zona superior del portal. Aquest fragment sembla que ha sigut adherit o enganxat a un altre, de forma perpendicular, quedant gran part ocult darrere de la resta de l'escultura (Fig.49 i 50)

La detecció d'aquesta part de la figura sols és suficientment visible si es mira des d'una posició igual o superior a l'altura de l'escultura, dificultant la seua detecció sense ferramentes per obtenir imatges de zones altes, com és l'ús de drons.



Fig.49 Fragment trencat vist de prop.

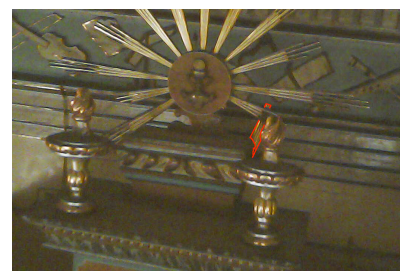


Fig.50 Fragment trencat.

7. CONCLUSIONS

Els resultats derivats de l'ús del dron SymaX5C-1 a la Basílica menor de Sant Jaume Apòstol han aconseguit els seus objectius. És a dir, han fet possible obtenir la informació suficient del portal interior de la Capella de la Comunió per a elaborar un mapa general de l'obra, detectar alteracions d'aquesta, i transmetre als observadors una imatge general de la totalitat del portal. Vista l'eficàcia d'aquest mètode cal destacar diverses puntualitzacions.

Primerament, cal observar els beneficis que ha tingut aquesta metodologia respecte d'altres. L'obtenció d'aquestes imatges no ha requerit que ningú es fique a elevada altura ni en condicions de risc per a la seua persona, sent aquest un avantatge destacable. A més, el vol del dron, com que no requereix un muntatge previ de cap instal·lació, s'ha efectuat en un període temporal molt curt, estalviant temps tant al responsable de l'espai com a qui efectua el registre. Aquestes dues característiques, junt amb la versatilitat de vol i maniobra que tenen aquests aparells, significa que l'ús de drons per a documentar patrimoni cultural a gran altura o de gran format és més efectiu com a tècnica de documentació respecte d'altres que requereixen la participació d'un equip tècnic més nombrós i d'un major temps.

Per altra banda, l'obtenció d'aquesta informació també es podria haver fet amb l'ús de bastides, escales, càmeres adaptades i altres utensilis. A més, el cost pot ser semblant a la despesa econòmica que tindrien altres tècniques. Tot i això, emprar drons en aquests casos pot oferir beneficis logístics, beneficis en l'àmbit de la seguretat laboral dels treballadors, i beneficis relacionats amb la imatge corporativa de l'empresa o institució que els empre, ja que l'ús de noves tecnologies sol comunicar una estètica d'entitat més actualitzada en comparació amb les que no ho fan.

Cal destacar que, al cas d'estudi, s'ha efectuat el vol en un espai interior i, per tant, no està lligat a la normativa i requisits de l'Agència Estatal de Seguretat Aèria. En el cas de voler realitzar la documentació d'una obra semblant a l'aire lliure s'haurien de tenir en compte totes les mesures que requereix aquest procés. Encara que s'esperen lleis més permissives els anys vinents, actualment l'ús d'aquestes aeronaus en espai aeri espanyol està molt condicionat. Emprar els drons en l'interior d'esglésies, catedrals, castells, museus i zones semblants, on es té generalment un gran espai i gran quantitat d'obres artístiques, ofereix bons resultats sense necessitat de permisos especials; però és en les zones exteriors on resulta més òptim l'ús de drons, ja que sovint hi ha elements que estan a major altura o tenen un gran format i

que necessiten estudiar-se, però resulten molt cars d'intervenir o documentar sense aquesta tecnologia. Tot i les limitacions que es té en l'espai aeri espanyol, aquest tipus d'aeronaus poden oferir grans resultats en aquelles ocasions en les quals complisquen els requisits necessaris.

La utilització de drons en benefici del patrimoni cultural és una idea que s'està popularitzant aquests darrers anys i, encara que és molt recent la seua presència en aquests àmbits, pot suposar un gran avanç per a aquest sector. L'estavi de temps i l'augment de la seguretat per als treballadors que ofereix aquesta tècnica fa d'ella un complement i una alternativa molt positiva per als professionals de la conservació i restauració de béns culturals, ja que pot agilitzar processos previs a la intervenció, augmentar la quantitat d'informació que es rep de l'obra i millora el benestar dels treballadors.

L'ús de drons per a documentar escultures i ornaments resulta un mètode recomanable per a realitzar els estudis inicials i la supervisió d'aquestes obres, tant en zones interiors com en exteriors, de manera que és d'esperar que aquests aparells s'incorporen gradualment als utensilis típics d'institucions i empreses dedicades a la protecció i conservació del patrimoni cultural.

BIBLIOGRAFIA

- SERNA, M. *Uso de aeronaves no tripuladas (RPAS) en la conservación preventiva de bienes culturales (TFG)*. València: Universitat Politècnica de València, 2015. (Consulta: 2016-08-30).

Disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61914/SERNA%20-%20USO%20DE%20AERONAVES%20NO%20TRIPULADAS%20%28RPAS%29%20EN%20LA%20CONSERVACION%20PREVENTIVA%20DE%20BIENES%20CULTURALES.....pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- GOBIERNO DE ESPAÑA. *Sección 6ª Aeronaves civiles pilotadas por control remoto*. Boletín Oficial del Estado nº 252, 2014. (Consulta: 2016-05-06)

Disponible en:

http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4389070/ley_18_2014_de_15_octubre.pdf

- AESA. *Cursos de RPAS en ATOs (Organizaciones de Formación Aprobadas)*. Espanya: Ministeri de Foment, 2016. (Consulta: 2016-07-28).

Disponible en:

http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4357563/listado_atos_rpas.pdf

- AESA. *Procedimiento para habilitarse como operador de RPAS <25Kg para realizar trabajos técnicos o científicos*. Espanya: Ministeri de Foment, 2014. (Consulta: 20-04-2016).

Disponible en:

http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4550414/procedimiento_habilitars_e_operador_rpas_art50-3.pdf

- DRONE SPAIN®. *Tipos de drones*. Espanya: 2016-05-09. (Consulta: 2016-06-12). Disponible en: <http://dronespain.pro/tipos-de-drones-aereos/>

- QUEST UAV. *Ala fija vs ala rotatoria para UAV aplicaciones de mapas*. Regne Unit: 2015-04-30. (Consulta 2016-05-20). Disponible en: <http://www.questuav.cl/ala-fija-versus-ala-rotatoria-para-uav-aplicaciones-de-mapas/>

- COMUNITAT DE MADRID. *La Comunidad de Madrid finaliza los trabajos de restauración de la Iglesia Parroquial de Algete*. Madrid: Gabinet de Comunicació, 2015-11-24. (Consulta: 2016-03-15).

Disponible en:

<http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application/pdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3D151124+NP+IGLESIA+ALGETE+ok>

pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1352896776186&ssbinary=true

- Iconem®. *Revival. Technological support for syrian heritage*. Síria: SYRIA DGAM. 2016. (Consulta: 2016-07-04).
Disponible en: <http://iconem.com/syria/>

- DUEÑAS, M. *Registro arqueológico 3D mediante la fotogrametría de rango corto*. México: Universitat Autònoma Sant Lluís Potosí, 2014-11-20. (Consulta: 2016-05-23).
Disponible en:
https://www.academia.edu/10223013/Registro_arqueologico_en_3D_mediante_la_fotogrametria_de_rango_corto

- ARQUEOLOGÍA DIGITAL. *Perú incorpora drones para conservar su riqueza arqueológica*. Lima: Govern de Perú, Ministeri de Cultura, 2015. (Consulta: 2016-02-16).
Disponible en:
<http://www.arqueologiadigital.cultura.pe/articulos/per%C3%BA-incorpora-drones-para-conservar-su-riqueza-arqueol%C3%B3gica>

- DRONE BY DRONE®. *Trabajos en el ámbito de la obra civil, mantenimiento y conservación*. Bilbao: Drone by drone. (Consulta: 2016-07-11).
Disponible en: <http://www.dronebydrone.com/pdfs/drones-servicios-obra-civil.pdf>

- FERRAGUD, C. *Breu història del temple parroquial de la Basílica Menor de Sant Jaume Apòstol d'Algemesí*. Algemesí: Parròquia de Sant Jaume Apòstol. (Consulta: 2016-03-22).
Disponible en: <http://www.santjaumealgemesi.es/histtrad.html>

- UNESCO. *La fiesta de "La Mare de Déu de la Salut" de Algemesí*". Espanya: PCI, 2011. (Consulta: 2016-06-13).
Disponible en: <http://www.unesco.org/culture/ich/es/RL/la-fiesta-de-la-mare-de-deu-de-la-salut-de-algemesi-00576>

ÍNDIX D'IMATGES

Fig.1 Dron militar de l'Exèrcit dels Estats Units d'Amèrica. Extret de www.Dronesconcamara.es.

Disponible en: <http://dronesconcamara.es/wp-content/uploads/2015/07/drones-militares.jpg>

Fig.2 Anunci d'un dron amb temàtica infantil. Extret de www.aliexpress.com. Disponible en

https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1UP_3KpXXXXajXpXXq6xXFXXt/Upgrade-s-Package-Remote-Control-RC-Helicopter-Flying-Despicable-Me-Minion-Quadcopter-Drone-Ar-drone-Kids-Toy.jpg_640x640.jpg

Fig.3 Logotip de l'Agència Estatal de Seguretat Aèria. Extret de

www.airdroneespaña.com. Disponible en http://airdroneespaña.com/wp-content/uploads/2014/10/0318698c0f2863b9de6fe4aff7d3c79e_aesa-e1373440986519-960-620-c-1.jpg

Fig.4 Logotip del titol propi de la UPV que forma a pilot de drons. Extret de www.Aeroclubcastellon.com.

Disponible en: <http://aeroclubcastellon.com/wp-content/uploads/2015/01/LOGO-RPAS-UPV-1-e1421668570651.jpg>

Fig.5 Vista aèria de l'aeròdrom de Requena. Extret de www.aerodromo-requena.com.

Disponible en: <http://aerodromo-requena.com/wp-content/uploads/2011/10/Vista-Aerea-Aerodromo-Requena-3-980x300.jpg>

Fig.6 Logotip de l'Aeroclub de Castelló. Extret de www.aeroclubcastellon.com.

Disponible en: <http://aerodromo-requena.com/wp-content/uploads/2011/10/Vista-Aerea-Aerodromo-Requena-3-980x300.jpg>

Fig.7 fotografia del multi.rotor UFO Drone. Extret de www.iberobotics.com.

Disponible en:

http://www.iberobotics.com/shop/images/tricopter_rc_rtf.jpg?osCsid=668fdd3473dce82fe07139267e47f141

Fig.8 Fotografia del multi-rotor quadricòpter DJI®Phantom 3 Advanced. Extret de www.dronemania.be.

Disponible en: <http://www.dronemania.be/211/dji-phantom-3-advanced.jpg>

Fig.9 Fotografia del multi-rotor hexacòpter JJRC H20. Extret de www.dronfacil.com.

Disponible en: http://dronfacil.com/84-thickbox_default/jjrc-h20-dron-mini-hexacoptero-mando.jpg

Fig.10 Fotografia del multi-rotor octocòpter DJI® Spreading Wings S1000. Extret de www.asset1.djicdn.com.

Disponible en: http://asset1.djicdn.com/images/360/spreading-wings-s1000-plus-feature/s8/1_1.jpg

Fig.11 Helicòpter Syma® S37 Raptor. Extret de www.symatoys.com.

Disponible en: <http://hitoys.org/symatoys/s37/3.jpg>

Fig. 12 Dron d'ala fixa Parrot® Disco FPV. Extret de www.parrot.com.

Disponible en:

https://www.parrot.com/es/sites/default/files/styles/menu_item/public/disco_menu.jpg?itok=zUxK1SEh

Fig.13 Reconstrucció en 3D del temple de Bel, a Síria, a partir de les fotografies d'un dron. Realitzat per l'empresa Iconem. Extret de www.iconem.com.

Disponible en: http://iconem.com/wp-content/uploads/Palmyre_TempleDeBel_Orto_AnalysesPersp_reconstruccion.png

Fig.14 Reproducció del complexe arqueològic Incawasi amb tecnologia 3D. Extret de www.utero.pe.

Disponible en: <http://utero.pe/wp-content/uploads/2014/08/JP-DRONES-2-superJumbo-1-1024x608.jpg>

Fig.15 Vista aèria de la Sagrada Família de Barcelona. Extret de www.joanlesan.com.

Disponible en: <http://www.joanlesan.com/wp-content/uploads/2013/12/para-DJI-03.jpg>

Fig.16 Plànol de la Basílica Menor de Sant Jaume Apòstol d'Algemesí.

Imatge modificada a partir d'altra extreta de www.upv.es.

Original disponible en: <http://www.upv.es/upl/U0650880.jpg>

Fig.17 Façana i campanar vist des de la Plaça Major de la ciutat d'Algemesí. Extret de www.algemesi.es.

Disponible en:

http://www.algemesi.es/sites/default/files/images/basilica_0.jpg

Fig.18 Zona concreta d'estudi dins de la capella de la Comunió destacada en blau sobre el plànol general. Imatge modificada a partir d'altra extreta de www.upv.es.

Original disponible en: <http://www.upv.es/upl/U0650880.jpg>

Fig.19 Porta interior de la capella de la Comunió. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.20 La Muixeranga, un dels balls de la Festa de la Mare de Déu de la Salut d'Algemesí davant de la façana del Temple. Extreta de www.valenciaculture.com.

Disponible en: <http://valenciaculture.com/wp-content/uploads/2016/09/muixeranga-algemesi.jpg>

Fig.21 Comparació de la mida humana amb la del portal. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.22 Vista cenital del Syma® X5C amb acotacions. Extret de www.symatoys.com.

Disponible en: <http://hitoys.org/symatoys/X5C/13.jpg>

Fig.23 Vista frontal del Syma® X5C amb cota d'alçada. Extret de www.symatoys.com.

Disponible en: <http://hitoys.org/symatoys/X5C/14.jpg>

Fig.24 Detall de la càmera del Syma® X5C. Extret de www.symatoys.com.

Disponible en:

<http://hitoys.org/symatoys/20141020/2014102018471697.jpg>

Fig.25 Comandament a distància del Syma® X5C. Imatge extreta de www.symatoys.com.

Disponible en:

<http://hitoys.org/symatoys/20141020/2014102018472121.jpg>

Fig.26 Taula explicativa de les dades i característiques del Syma® X5C. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.27 Syma® X5C captant imatges de les decoracions. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.28 Representació gràfica de la primera fase del pla de vol. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.29 Representació gràfica de la vista frontal de la segona fase del pla de vol. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.30 Representació gràfica de la vista lateral de la segona fase del pla de vol. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.31 Fig.31 Representació gràfica de la tercera fase del pla de vol al lateral esquerre de l'obra. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.32 Fig.31 Representació gràfica de la tercera fase del pla de vol al lateral dret de l'obra. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.33 Fig.33 Visualització del cablejat ocult. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.34 Zona descoberta de les ornamentacions de la zona superior. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.35 Detall de decoracions florals. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.36 Vista de les tres escultures de la part superior. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.37 Fotomuntatge que mostra la totalitat de la part frontal del portal des de gran altura. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.38 Fotomuntatge que mostra gran part d'una de les columnes frontals i el seu deteriorament. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.39 Fotomuntatge que mostra la porta d'entrada a la capella. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.40 Vista frontal del portal interior de la capella de la Comunió. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.41 Lateral dret del portal interior de la capella de la Comunió. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.42 Lateral esquerre del portal interior de la capella de la Comunió. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.43 Visió frontal alçada de les escultures de la zona superior del portal d'entrada a la capella de la Comunió. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.44 Mapa de danys del frontal i els dos laterals del portal interior de la capella de la Comunió. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.45 Zona estucada. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.46 Zona de pèrdua. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.47 Capitell daurat. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.48 Capitell daurat vist des d'un lateral. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.49 Fragment trencat vist de prop. Imatge d'elaboració pròpia.

Fig.50 Fragment trencat. Imatge d'elaboració pròpia.

