

# Trabajo Fin de Máster

Protocolo de toma de información geográfica de alta resolución a través de vehículos aéreos no tripulados (UAV) para la Ordenación del Territorio.

Autor/es

María Puente Burón

Directora

María Sebastián López

Tutor

Christian Javier Robledo Zapico

Universidad de Zaragoza  
Año 2016



## RESUMEN

El presente documento muestra las posibilidades de análisis que supone la toma de información geográfica a través de vehículos aéreos no tripulados (UAV). Los UAV se presentan como una herramienta distintiva y de interés en los estudios de ordenación territorial, que da respuesta a las carencias o insuficiencias de información espacial existentes que no suplan las necesidades y requerimientos del proyecto en cuestión. Para ello se elabora una metodología de identificación de los posibles problemas territoriales, seguido de un análisis de las fuentes de información disponibles que culmina con el desarrollo de un protocolo de captura de imágenes aéreas y su posterior tratamiento para su corrección y georreferenciación. Por otra parte se sugiere la posibilidad de combinar estas imágenes aéreas con otras obtenidas mediante cámaras de infrarrojo cercano, que proporcionen información complementaria.

**Palabras clave:** *ordenación del territorio, información geográfica, drones, imagen aérea, alta resolución espacial, infrarrojo cercano.*

## ABSTRACT

This paper shows the possibilities of analysis that involve taking geographic information through unmanned aerial vehicles (UAV). UAV are presented as a distinctive tool of interest in studies of spatial planning, which respond to the gaps or inadequacies of existing spatial information that does not address the needs and requirements of the project. This requires a methodology for identifying possible territorial problems, followed by an analysis of the sources of information available, that culminates with the development of an aerial imagery capture protocol and subsequent treatment for its correction and georeference. In addition to this, it is suggested the possibility of combining these aerial images with others obtained using near-infrared cameras, which provide additional information.

**Keywords:** *spatial planning, geographic information, drones, aerial image, high spatial resolution, near-infrared.*



## Índice

1.	Introducción .....	9
1.1.	Antecedentes y estado de la cuestión .....	11
1.1.1.	Tipos de dispositivos y principales características.....	12
1.1.2.	Aplicaciones de drones. ....	14
1.1.3.	Adquisición de imágenes multiespectrales .....	17
1.2.	Objetivos.....	19
2.	Área de estudio .....	21
2.1.	Estructura municipal.....	21
2.1.1.	Divisiones administrativas y características funcionales del municipio.....	22
2.1.2.	Modelo territorial de gijón.....	24
2.2.	Parque científico tecnológico.....	25
2.3.	Ubicación para la ejecución de la misión de vuelo y protocolo.....	27
2.3.1.	Características sociodemográficas.....	27
2.3.1.1.	Transformaciones recientes y usos de suelo.....	31
2.3.1.2.	Análisis dafo .....	34
3.	Metodología.....	35
3.1.	Identificación de problemas de índole territorial.....	36
3.2.	Variables y fuentes de información .....	36
3.3.	Propuesta analítica .....	38
4.	Resultados .....	41
4.1.	Protocolo para la captura de información geográfica mediante el uso de drones y su georreferenciación.....	42
4.1.1.	Equipo técnico y humano. ....	42
4.1.2.	Preparación y ejecución de la misión de vuelo. ....	47
4.1.3.	Procesado de las observaciones.....	52
4.1.4.	Geo-etiquetado de imágenes.....	54
4.1.5.	Corrección de las imágenes.....	55
4.1.6.	Obtención de metadatos de las imágenes y transformación.....	57
4.1.7.	Unificación de metadatos de imágenes y coordenadas del punto central de las mismas.....	59
4.1.8.	Creación del archivo mundo.....	60
4.2.	Valorar las posibilidades analíticas de las imágenes multiespectrales realizadas con drones.....	63
5.	Errores.....	68
6.	Propuestas de mejora.....	70
7.	Valoración personal.....	71
8.	Conclusiones .....	72
9.	Bibliografía.....	74

## Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de Gantt de tareas realizadas en prácticas de empresa .....	10
Figura 2: Usos de drones.....	13
Figura 3: Espectro electromagnético. ....	19
Figura 4: Mapa de localización de las áreas de estudio. ....	26
Figura 5: Estructura demográfica de la población urbana de Gijón. ....	29
Figura 6: Usos de suelo en los barrios de Tremañes y Veriña. ....	30
Figura 7: Mapa catastral área de vuelo.....	33
Figura 8: Proceso metodológico.....	35
Figura 9: Diagrama de proceso de planificación y ejecución de vuelo.....	49
Figura 10: Pasos del protocolo.....	53
Figura 11: Procesado de las observaciones.....	54
Figura 12: Corrección de imágenes.....	55
Figura 13: Extracción de metadatos y transformación de imágenes. ....	57
Figura 14: Obtención del archivo mundo.....	59
Figura 15: Geo-referenciación de imágenes de vuelo mediante proceso Geo-Vista. ....	67
Figura 16: Detalle del cálculo de GSD según el valor de altitud. ....	69

## Índice de imágenes

Imagen 1: Índices de vegetación (NDVI). ....	15
Imagen 2: Modelo Digital de Superficie .....	15
Imagen 3: Inspección termográfica placas solares.....	16
Imagen 4: Mapa catastral obtenido a partir de ortofotografía.....	16
Imagen 5: Supervisión de incendios.....	17
Imagen 6: Parque Científico Tecnológico y Universidad Laboral. ....	25
Imagen 7: Barrio de Tremañes: Edificios nuevos frente a tradicionales .....	31
Imagen 8: Barrio de Tremañes.....	32
Imagen 9: Cámara GoPro Hero 3+ Silver .....	45
Imagen 10: Disposición de equipo de campo: PC, pantalla y gafas FPV.....	46
Imagen 11: Maletín de transporte del dron y dispositivos auxiliares. ....	47
Imagen 12: Planificación misiones de vuelo 1 y 2 en Ground Station. ....	48
Imagen 13: Ejecución misión de vuelo en Tremañes. ....	53
Imagen 14: Geo-etiquetado en Mision Planner. ....	54
Imagen 15: Procesamiento GIMP de corrección de distorsión de lente. ....	56
Imagen 16: Captura de pantalla de proceso de extracción de metadatos de imágenes.....	58
Imagen 17: Procesamiento en GIMP para la transformación de imagen a formato .tiff .....	58
Imagen 18: Archivo exif.xls de metadatos de imágenes. ....	59

Imagen 19: Archivo location.xls con coordenadas e información de imágenes.....	60
Imagen 20: Captura de pantalla de copia de datos de partida en la hoja de cálculo.....	61
Imagen 21: Captura de pantalla de cálculos intermedios para obtención de los parámetros.....	62
Imagen 22: Captura de pantalla de parámetros del archivo mundo calculados.....	62
Imagen 23: Extracción de IR-Cut e instalación de filtro IR Wratten 87.....	64
Imagen 24: Captura con cámara sin IR-Cut.....	64
Imagen 25: Firma espectral Filtro Wratten 87.....	65
Imagen 26: Comparación imagen capturada con cámara convencional y cámara infrarroja.....	65
Imagen 27: Comparación imagen capturada con cámara convencional y cámara infrarroja.....	66

## *Índice de tablas*

Tabla 1: Tipos de imágenes aéreas y resolución.....	12
Tabla 2: Tipos de drones.....	14
Tabla 3: Bandas Landsat 8.....	18
Tabla 4: Análisis DAFO del área del Polígono Industrial de Tremañes.....	34
Tabla 5: Fuentes de información.....	37
Tabla 6: Ficha de análisis de información.....	39
Tabla 7: Análisis propiedades WMS Ortofotografía Gijón 2006 (IDE Gijón).....	39
Tabla 8: Análisis propiedades WMS Ortofotografía PNOA.....	40
Tabla 9: Análisis propiedades capas de información tipo .shp (IDE Gijón).....	40
Tabla 10: Análisis propiedades WMS catastro (IDEE).....	41
Tabla 11: Análisis propiedades WMS usos de suelo (IDE Gijón).....	41
Tabla 12: Características técnicas DJI Phantom 2.....	43
Tabla 13: Características técnicas controladora Pixhawk PX4.....	44
Tabla 14: Características técnicas GPS 3DR UBLOX.....	45





## 1. Introducción

Este documento constituye la memoria del proyecto final del Máster Universitario en Ordenación Territorial y Medioambiental, de la Universidad de Zaragoza, impartido por el Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio.

El contenido del proyecto corresponde a las prácticas realizadas en la empresa *Locis Sigtech Soluciones Sostenibles* y que sirven además de memoria del Trabajo final del Máster en Ordenación Territorial y Medioambiental de la Universidad de Zaragoza.

La duración estimada de las prácticas ha sido de 250 horas. La dirección ha correspondido a Christian Javier Robledo Zapico y la dirección del proyecto en la Universidad de Zaragoza a María Sebastián López.

*Locis Sigtech Soluciones Sostenibles* es una empresa dedicada principalmente a la consultoría medioambiental, a los Sistemas de Información Geográfica y Cartografía, ha comenzado recientemente a desarrollar un servicio de ortofotografía e imagen aérea obtenidas mediante drones. Es en este último campo en el que se ha centrado la memoria aquí expuesta, ya que se trata de la tarea esencial que se ha desarrollado por parte de la autora en el periodo de las prácticas de empresa. Concretamente se refiere a un producto determinado –Geo Vista –, que se encuentra en estado de desarrollo y cuya finalidad es facilitar al cliente la visualización en forma de imágenes aéreas georreferenciadas de una zona de estudio.

Además de lo comentado anteriormente, durante la realización de las prácticas de empresa se han llevado a cabo otras actividades. Estas tareas han estado encaminadas principalmente a la participación activa en los proyectos de las empresa, en su mayoría de I+D, habiendo estado presente en todas las reuniones técnicas en las que he ayudado a valorar opciones, hacer sugerencias y presentar los resultados sobre los avances en las tareas que me fueron encomendadas.

De manera adicional al proyecto que se expone en esta memoria, se ha trabajado paralelamente en una segunda labor, basada en la modelización de UAV y generación de imágenes infrarrojas dentro del cual surgía la necesidad de implementar una cámara digital para la obtención de información en este rango del espectro electromagnético. Este trabajo consistía en la alteración manual de una cámara fotográfica para convertirla en infrarroja y que posteriormente pudiera ser instalada en la aeronave.

En la Figura 1 se muestra la relación de tareas realizadas y su duración, además de una estimación del mínimo de horas y días invertidos para la redacción de la memoria.

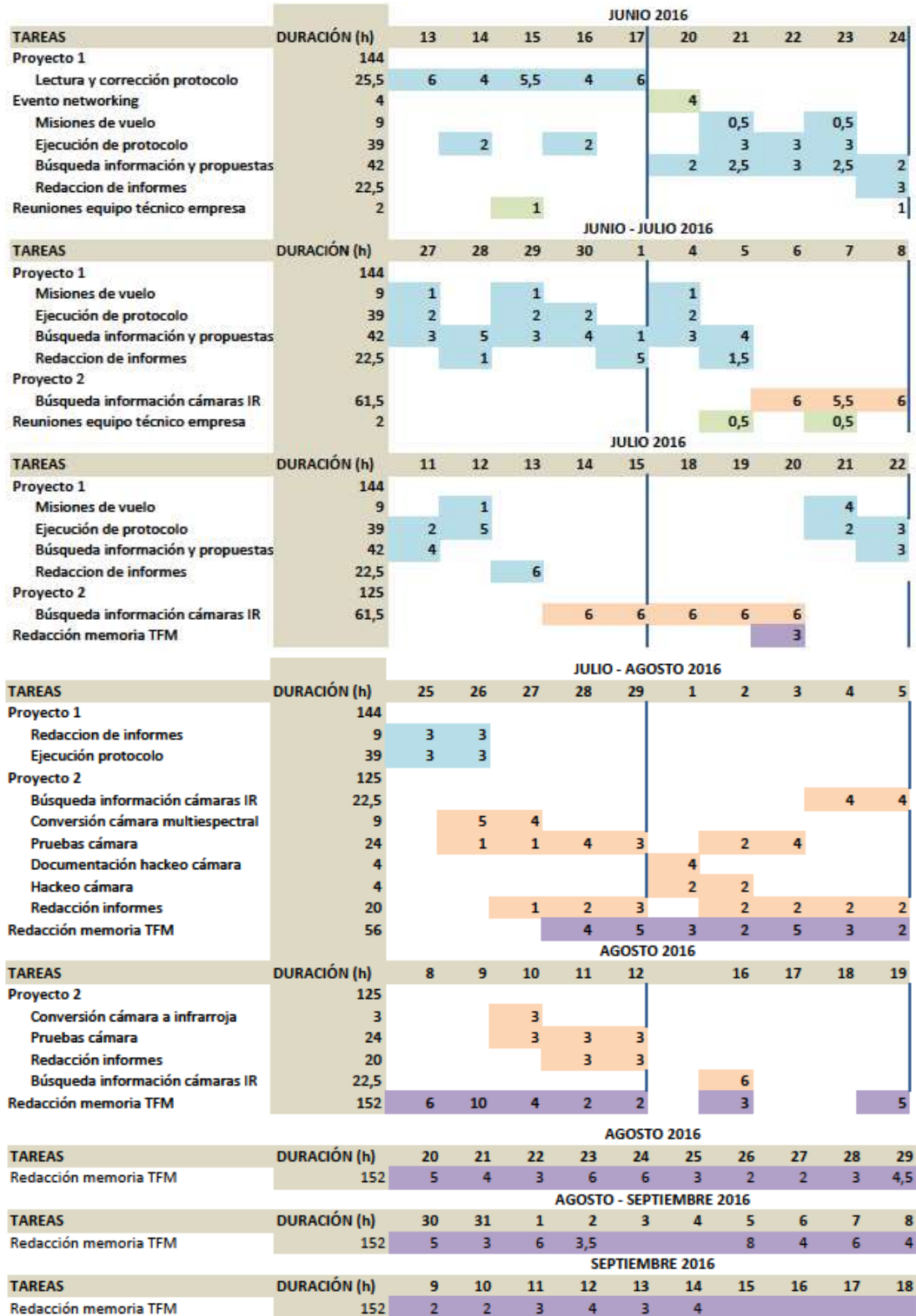


Figura 1: Diagrama de Gantt de tareas realizadas en prácticas de empresa. Elaboración propia.

## 1.1. Antecedentes y estado de la cuestión

El estudio llevado a cabo surge de la necesidad que se presenta, para los profesionales de la Ordenación del Territorio, de obtener información del mismo, y procurando que ésta sea lo más precisa posible. En todo diagnóstico y planificación estratégica territorial hay una fase inicial de análisis, cuyo objeto es conocer y estudiar los distintos ámbitos (físicos, económicos, sociales, etc.) en que se constituye el territorio. Este proceso de análisis surge de la definición de aquellas inquietudes generales de la región en cuestión sobre el que desea implementarse un proceso de ordenación territorial (*Guía para la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*, 2011).

Puesto que la finalidad de la ordenación territorial es: encontrar solución a un problema territorial o medioambiental de la manera más óptima posible, es evidente la importancia que tiene partir de un conocimiento completo de la región a tratar, y por ello la información geográfica constituye el punto de partida clave. Este diagnóstico territorial constará de varias fases, en primer lugar una recolección de la información, que irá seguido de un procesamiento de la misma para finalmente interpretarla (Silva y Sandoval, 2012).

Cuando en este ámbito se presenta la necesidad de elaborar un análisis y diagnóstico físico del espacio, la fotografía aérea es hoy en día una de las técnicas más útiles y que además, se encuentra en constante desarrollo gracias a los avances tecnológicos que mejoran cada día (Cuerno, 2015). Las imágenes aéreas, sin embargo, son costosas y por tanto difíciles de adquirir para la mayoría de profesionales y empresas dedicadas a estas disciplinas.

En el caso del Principado de Asturias, esta información a base de fotografía aérea ayuda a respaldar aquellas directrices orientadas a procurar la protección del paisaje, como el Plan Territorial Especial de Ordenación del Litoral de Asturias (POLA). A pesar de contar en la actualidad con un servicio de visión dinámica en línea (WMS) o recursos de descarga de mapas, podría mediante la metodología de imágenes capturadas con drones desarrollarse a un nivel más preciso cartografía sobre áreas de interés más concretas. El nivel de detalle obtenido con este tipo de dispositivos sería de utilidad para crear o mejorar información temática y visual referente a zonas urbanas, de interés cultural, especial protección, etc.

La variedad de productos para captura de imágenes a través de vehículos aéreos no tripulados, que puede encontrarse en la actualidad se presenta en la siguiente tabla, junto con la resolución para cada tipo de imágenes.

PRODUCTO	RESOLUCIÓN (GSD=tamaño pixel)
Imagen aérea	12 cm (Escala 1:5000)
Ortoimagen PNOA	50 cm a 25 cm (Escala 1:10.000 a 1:5.000)
Imagen dron	A partir de 5 cm (Escala 1:5.000 e inferiores)

Tabla 1: Tipos de imágenes aéreas y resolución. Elaboración propia.

Estas resoluciones dependerán no sólo de la precisión de las cámaras fotográficas utilizadas, sino también de la altura del vuelo. Tanto para imágenes aéreas como orto imágenes la altura de vuelo se mantiene constante, siendo normalmente de varios kilómetros. Sin embargo, en el caso de los drones, este factor podrá ser elegido en función del proyecto de vuelo, zona a cubrir, nivel de detalle deseado, etc. Es por ello que utilizando el mismo equipo, a mayor altura de vuelo mayor será el valor de GSD y por tanto su resolución disminuirá.

A medida que se desarrolla su uso en el ámbito profesional se han ido actualizando las normativas vigentes, estableciéndose hasta ahora que la altura de vuelo no debe sobrepasar nunca los 120 metros, de forma que no se pierda de vista, así como la prohibición de sobrevolar zonas pobladas o cercanas a aeropuertos (Agencia Estatal de Seguridad Aérea, 2016).

Por otra parte la resolución temporal de estas imágenes aéreas así como las satelitales son pequeñas para según qué casos de estudio, puesto que el período de re-visita de un sector es de entre uno y dos años. Esto resulta en una imposibilidad de realizar estudios en plazos cortos al no disponerse de imágenes actualizadas (Marcovecchio et al., 2014).

Por tanto resulta evidente la gran utilidad De esta problemática, en la que el inconveniente principal es la inaccesibilidad a este tipo de información por parte de usuarios, surge la simbiosis de las imágenes aéreas con los Drones o UAV.

Sin embargo, a pesar del creciente conocimiento de estos dispositivos por parte de la sociedad, existe aún una falta de definición más concreta y comprensible para usuarios y no usuarios. De esta forma nos encontramos hoy en día con diversos nombres asociados a estos aparatos y que son frecuente y erróneamente utilizados como sinónimos. Conviene por tanto asimilar las diferentes nomenclaturas para utilizarlas con propiedad.

### 1.1.1. Tipos de dispositivos y principales características.

Aunque los tres términos – dron, UAV y RPA– se utilizan indistintamente para definir a los llamados vehículos aéreos no tripulados, coloquialmente más utilizado el término dron, lo

correcto es denominarlos *UAV*, puesto que dichas siglas son las que responden a la definición exacta *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Las siglas en español serían *VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado)* aunque no es una definición muy extendida. *Unmanned Aerial Sistem (UAS)* por otra parte define tanto al vehículo aéreo no tripulado (*UAV*) como a su sistema de control (*Instituto Tecnológico de Galicia*).

En los últimos años se ha desarrollado un nuevo término denominado *Remotely Piloted Aircraft (RPA)*, aviones controlados de forma remota. Su uso se introdujo en Estados Unidos con la finalidad de asegurar a la población que las aeronaves estaban siendo controladas de forma remota a cargo de un piloto. El término *Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*, entendido habitual y equivocadamente como el plural de *RPA*, hace en realidad referencia al conjunto formado por la aeronave en sí misma y a su sistema de control (controladora y estación de control), como ocurre en el caso de los *UAV* y *UAS*. Podría por tanto decirse que *RPAS* y *UAS* son sinónimos (Vera, 2010).

En cuanto al uso al que van destinados estos equipos, se señalan en la figura siguiente:



Figura 2: Usos de drones. Fuente: [www.droneymas.es](http://www.droneymas.es)

En ambos casos, en cuanto a morfología, existen los de ala fija (*fixed wing*) cuya estructura responde a la de una aeronave convencional y los multirrotorés o multirrotos, que pueden tener cuatro (cuadricópteros), seis (hexacópteros) u ocho rotores (octocópteros).

	
<p>Ala fija de uso militar (Fuente: <a href="http://www.fr3dcatuav.blogspot.com.es/">www.fr3dcatuav.blogspot.com.es/</a>)</p>	<p>Ala fija de uso comercial (Fuente: <a href="http://www.sigis.com.">www.sigis.com.</a>)</p>
	
<p>Hexacóptero (Fuente: <a href="http://www.madeinchina.com">www.madeinchina.com</a>)</p>	<p>Cuadricóptero DJI Phantom (Fuente: <a href="http://www.dailymail.co.uk/">http://www.dailymail.co.uk/</a>)</p>

Tabla 2: Tipos de drones. Elaboración propia.

Es destacable que estos dispositivos, dotados con una cámara fotográfica, permiten en pocos minutos adquirir imágenes de la zona sobrevolada. Además, la aeronave es compatible con la introducción de nuevos elementos, siendo posible añadir complementos como un GPS, y pudiendo entonces obtener imágenes georreferenciadas.

### 1.1.2. Aplicaciones de drones.

Esta metodología, cuya base es la observación del territorio, tiene un amplio abanico de posibilidades dentro de la disciplina de la ordenación territorial, también se extiende a otras áreas de estudio intrínsecamente relacionadas con la misma. Algunas de las aplicaciones posibles de esta herramienta se encuentran en los campos y actividades que se enumeran a continuación:

- **Agricultura.** Mediante la toma de imágenes georreferenciadas puede realizarse una vigilancia periódica del estado de los cultivos, así como gestionar los posibles riegos, controlar la humedad de suelo, etc.

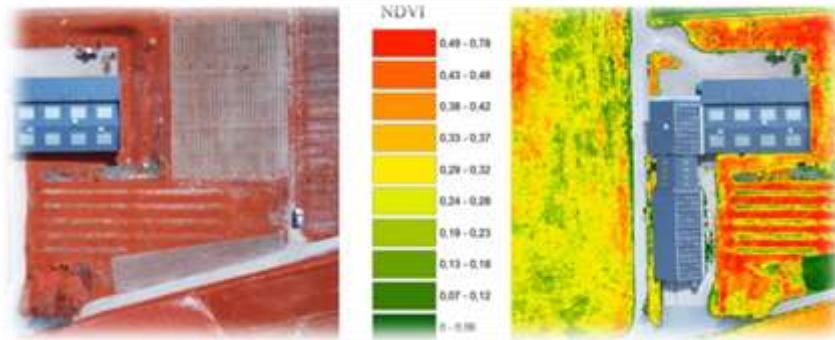


Imagen 1: Índices de vegetación (NDVI). Fuente: www.dronesimaging.com

- **Topografía.** La extensa superficie a cubrir así como la presencia de accidentes geográficos dificultan los trabajos de ingeniería para la ejecución de proyectos de infraestructuras. Para un estudio preliminar del territorio esta es una opción más rápida y asequible al uso de equipos topográficos convencionales a la hora de realizar un levantamiento topográfico. También es posible obtener, a partir de las imágenes georreferenciadas tomadas en campo, mosaicos ortorectificados y nubes de puntos que calculen modelos tridimensionales, permitiendo realizar mediciones de superficie o volumen sobre el producto obtenido.

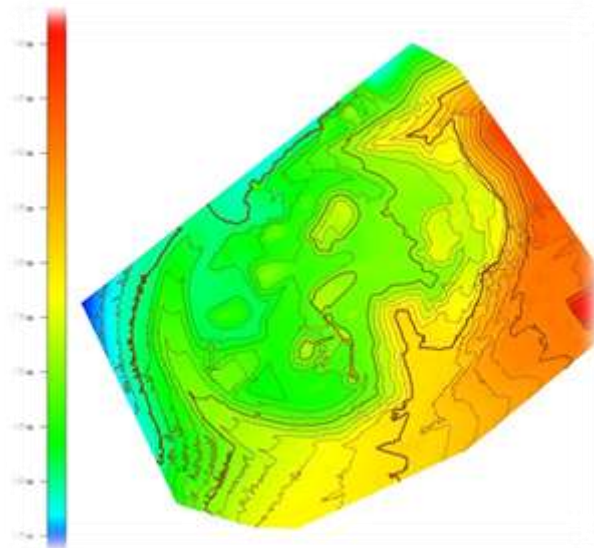


Imagen 2: Modelo Digital de Superficie. Fuente: Pix4D.

- **Ingeniería civil y minería.** Dada la inherente peligrosidad de estas actividades, el uso de RPAS podría eliminar este factor en tareas como el seguimiento y estado de obras, seguridad de las construcciones, cálculo de volumen de materiales.
- **Instalaciones energéticas.** Al igual que en ingeniería, la gran superficie que cubren este tipo de instalaciones supone un incremento de tiempo y costes a



las empresas. De esta manera mediante el empleo de drones pueden llevarse a cabo rápida y económicamente la inspección de placas solares, el estado de líneas eléctricas, etc.



Imagen 3: Inspección termográfica placas solares. Fuente: [www.youtube.com](http://www.youtube.com)

- **Cartografía y catastro**, actualización de bases de datos gracias a la posibilidad de realizar vuelos periódicos de las zonas de estudio. A pesar de que hoy en día las posibilidades de realizar vuelos en zonas urbanas es todavía complicada debido a la legislación vigente, podría constituir una herramienta muy útil para gestionar el funcionamiento de las vías de comunicación en horas punta, el crecimiento de las ciudades, la ubicación de polígonos industriales o el desarrollo de las zonas rurales.

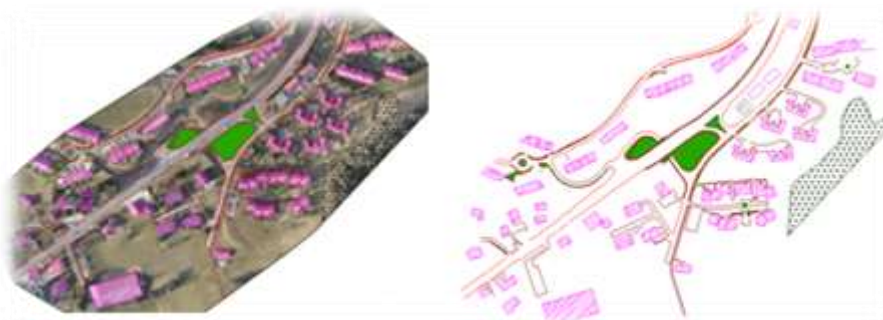


Imagen 4: Mapa catastral obtenido a partir de ortofotografía. Fuente: <http://mappinggis.com>

- **Conservación de recursos naturales**. Dada la dificultad de obtención de información en tiempo real y la complicación añadida, en tiempo y desplazamiento, cuando es necesario un dirigirse al lugar en cuestión, la toma de imágenes mediante UAS permite su uso en materia de hidrología, gestión



de incendios, movimientos de ladera, cartografía de paisaje, patrimonio histórico.



Imagen 5: Supervisión de incendios. Fuente: <http://www.iuavs.com/>

Además, la combinación de adquisición de lotes de imágenes georreferenciadas con la teledetección permite aumentar la información y facilitar su acceso en situaciones más desfavorables. Mediante radar o LIDAR (*Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*), cámaras multispectrales o cámaras térmicas, permitirían la vigilancia nocturna, la información en otras longitudes de onda del espectro electromagnético; en definitiva, ampliar la información más allá de lo que pudiera verse a simple vista.

### 1.1.3. Adquisición de Imágenes multispectrales

Las imágenes multispectrales son aquellas que reflejan la información obtenida de varios rangos del espectro electromagnético. La constelación de satélites LANDSAT, activa y en continua actualización desde el año del lanzamiento del primer satélite en 1972 hasta la actualidad con el Landsat 8, permite la obtención de información detallada de la superficie terrestre mediante el uso de este tipo de imágenes. Estos satélites describen un movimiento orbital circular alrededor de la Tierra, y están equipados con instrumentos para la teledetección multispectral, así como mejoras en sus sensores que permiten una mayor precisión geométrica, radiométrica y espacial (*Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México*).

Estos satélites disponen de dos tipos de sensor, pancromático y multispectral, teniendo generalmente el primero una resolución espacial mucho mayor que el segundo (Cánovas y Alonso, 2014).

Las imágenes obtenidas se componen de varias bandas cuya combinación permite una visualización detallada del suelo. Cada una de ellas trabaja en un rango determinado del espectro electromagnético, obteniendo por tanto información de unas longitudes de onda concretas, cuyas características principales se reflejan en la Tabla 3. Su uso es especialmente

importante para aplicaciones geográficas y estudio de los recursos naturales, pero también se aplican a otras materias como el uso militar o la climatología, entre otros.

Bandas	Longitud onda (micrómetros)	Resolución (metros)
<b>Band 1 - Coastal aerosol</b>	0.43 - 0.45	30
<b>Band 2 - Blue</b>	0.45 - 0.51	30
<b>Band 3 - Green</b>	0.53 - 0.59	30
<b>Band 4 - Red</b>	0.64 - 0.67	30
<b>Band 5 - Near Infrared (NIR)</b>	0.85 - 0.88	30
<b>Band 6 - SWIR 1</b>	1.57 - 1.65	30
<b>Band 7 - SWIR 2</b>	2.11 - 2.29	30
<b>Band 8 - Panchromatic</b>	0.50 - 0.68	15
<b>Band 9 - Cirrus</b>	1.36 - 1.38	30
<b>Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1</b>	10.60 - 11.19	100 * (30)
<b>Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2</b>	11.50 - 12.51	100 * (30)

Tabla 3: Bandas Landsat 8. Elaboración propia.

Además de la resolución espacial y la información reflejada según el rango del espectro electromagnético de la banda, la resolución temporal también juega un papel importante a la hora de definir la utilidad de estas capas de información.

Mediante procesos de fusión de datos se lleva a cabo la conmutación de las propiedades de dos imágenes con distintas características en cuanto a información y a resolución (radiométrica, espacial, etc.) obteniendo un nuevo producto fruto de la combinación de ambos (Tapiador y Casanova, 2001). Su finalidad es mejorar la interpretación de los datos, aumentando su calidad visual, facilitando la discriminación de ciertas categorías o aumentando la fiabilidad en la estimación de una determinada variable (Chuvieco, 2007).

Estos métodos suelen aplicarse a la fusión de imágenes pancromáticas, cuya resolución espacial puede ser centimétrica, junto con otra imagen de tipo multiespectral con resolución del orden de varios metros. Para ello pueden llevarse a cabo diversos algoritmos que permitan la obtención de distintas combinaciones aritméticas, las cuales serán más o menos adecuadas según el objetivo que se persiga (Cánovas et al., 2014).

Asimismo con procesos de creación de neo canales como son el Análisis de Componentes Principales (ACP) o el índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI) aplicados sobre estas imágenes con información enriquecida (García y Pérez, 2014), las aplicaciones en el ámbito de la ordenación territorial son muchas, pudiendo elaborarse mapas de usos de suelo precisos y actualizados, análisis de infraestructuras, de vegetación, etc.

De esta idea surge la posibilidad de obtener este tipo de imágenes utilizando una cámara convencional y llevando a cabo una transformación de la misma, de forma que sea posible alterar el espectro electromagnético que se reproduce en las imágenes. Como ya se ha comentado anteriormente, las imágenes capturadas por el satélite serán independientes entre sí, trabajando cada una de ellas en un rango concreto del espectro, que como puede verse en la Figura 3, estará definido por su longitud de onda.

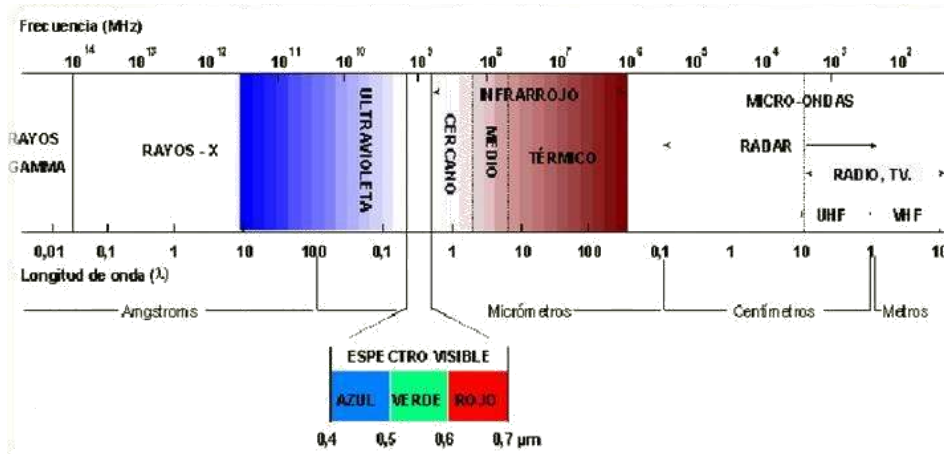


Figura 3: Espectro electromagnético. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México).

De la misma manera ocurre con las cámaras fotográficas, no será posible obtener imágenes simultáneas de dos longitudes de onda diferentes, puesto que la distancia de enfoque para conseguir la impresión de la imagen varía según este parámetro. La información obtenida con una cámara que trabaje exclusivamente en el intervalo del infrarrojo cercano (IRC), como se ha llevado a cabo en el presente trabajo, dependerá de la firma espectral de cada uno de los objetos fotografiados. Como es sabido, cada material se comporta de forma distinta en según qué longitudes de onda. Las imágenes infrarrojas suelen aplicarse a estudios de vegetación y suelos, puesto que la respuesta espectral de estos elementos es muy representativa. A pesar de conocer las firmas espectrales de estas materias de la superficie terrestre, se pretende con esta experimentación comenzar un proceso de estudio que permita averiguar si existen otras utilidades interesantes de este tipo de cámaras en otros ámbitos de la ordenación del territorio y que proporcionen una visualización de aquella información que no sea accesible a simple vista con una cámara común.

## 1.2. Objetivos

Los objetivos del presente trabajo surgen de la problemática que se ha comentado anteriormente, donde para el correcto desarrollo de un planeamiento de ordenación territorial el punto de partida debe constar de un conocimiento completo de todos los ámbitos de dicho territorio, para lo cual la documentación previa es elemental.

El objetivo principal que se persigue con la realización del proyecto es establecer un protocolo de trabajo para el empleo de imágenes aéreas tomadas por UAV y su posterior aplicación a estudios de ordenación del territorio.

Dicho objetivo se desglosa en los otros específicos que se subrayan a continuación:

- I. Identificar los principales problemas de índole territorial.
- II. Definir las principales variables a documentar así como las escalas de análisis.
- III. Clasificar y caracterizar las deficiencias de información geográfica para la ordenación del territorio.
- IV. Elaborar un protocolo de trabajo para la captura de información geográfica mediante el uso de drones y su georreferenciación.
- V. Valorar las posibilidades analíticas de las imágenes multiespectrales realizadas con drones.

En el estudio del territorio, habrá que identificar cuáles son aquellas cuestiones que se deben trabajar para su mejora, de forma que se lleve a cabo un análisis de la zona de estudio en la que pueda encontrarse respuesta a dicha situación. Para ello será necesaria en un primer lugar una observación e investigación activa del espacio y de las características intrínsecas que definen su naturaleza.

Será imprescindible por lo tanto conocer cuáles son esas singularidades que ayudarán a definir y conocer el ámbito de estudio, de forma que a continuación se pueda llevar a cabo la búsqueda de fuentes de información que se encuentren disponibles y puedan dar respuesta a esa necesidad. Además, dependiendo de la naturaleza de los datos que se estén buscando, la escala de análisis será mayor o menor, puesto que según de qué factores se traten, el área de estudio podrá verse influenciada en mayor o menor medida por los componentes de sus inmediaciones más próximas o lejanas.

Sabiendo los datos que se precisan, habrá que llevar a cabo una búsqueda de los mismos, puesto que cabe la posibilidad de que la información requerida ya exista y por tanto este paso pueda ser omitido. Estas fuentes de informaciones secundarias existentes, y de índole variada, pueden ser insuficientes, estar desfasadas o no presentar la periodicidad adecuada para el objeto del trabajo.

En el caso de que no se disponga de esta información, será necesario obtenerla de primera mano, para lo cual se llevará a cabo el trabajo de campo consecuente. Puesto que la presente memoria se focaliza en información de índole física, se centrará la atención del protocolo mencionado en la adquisición de esta información geográfica a partir de imágenes captadas desde RPA.

Por último, en casos concretos el uso de la cámara convencional podrá ser sustituido por otras clases de cámaras como las multiespectrales, infrarrojas, térmicas, etc. Éstas permiten obtener información en distintos rangos del espectro electromagnético, de forma que sea posible adquirir información que no sería visible utilizando una cámara convencional. La combinación de estas imágenes junto con las obtenidas habitualmente proporcionará una mayor riqueza de datos con los que trabajar.

Para ello será necesario conocer el funcionamiento de los drones, así como sus posibilidades y la adaptación de las mismas a los requerimientos del estudio en cuestión. El protocolo será acomodado a cada caso según la problemática que sugiera el estudio a realizar, y constará en primer lugar tanto de la planificación previa e imprescindible para determinar la superficie a cubrir por el dron como de la ejecución del vuelo. A continuación, tras la toma de datos en campo, se requerirá de un post-procesado de estas observaciones, de forma que permita obtener toda la información de interés de la zona, pasando por un proceso de selección y corrección de imágenes.

En último lugar y con la finalidad de conseguir la georreferenciación de las fotografías, será necesario llevar a cabo los cálculos que determinen los valores de los seis parámetros del *archivo mundo*, encargado de posicionar cada una de las imágenes donde corresponde. Este procedimiento hará posible la visualización del área de estudio a través de imágenes geolocalizadas, que constituye el paso final del proceso.

## 2. Área de estudio

El ámbito de trabajo se localiza dentro de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias y concretamente del término municipal de Gijón. Los emplazamientos importantes de la presente memoria son dos:

- Oficina de la empresa *Locis Sigtech*, donde se han realizado la mayor parte de las pruebas y que se encuentra en la parroquia rural de Cabueñes, situada al este de la ciudad.
- Zona del Polígono Industrial de Tremañes, que se detallará en epígrafes posteriores, y que corresponde al lugar donde se ha llevado a cabo la misión de vuelo cuyos resultados se presentan en este proyecto.

### 2.1. Estructura municipal

A continuación se realizará una breve descripción de la estructura municipal actual de Gijón, así como las proyecciones futuras que se prevén llevar a cabo en la ciudad y que se recogen en el Plan General de Ordenación de Gijón.

Seguidamente se entrará en mayor detalle descriptivo de las dos áreas que se han utilizado como localización de las pruebas así como del estudio realizado representado en esta memoria.

### **2.1.1. Divisiones administrativas y características funcionales del municipio.**

El concejo (o municipio) de Gijón se constituye en seis distritos, cada uno de los cuales está subdividido en parroquias y barrios. Estos distritos zonifican el área municipal de forma que se agrupan aquellos barrios con similares características y definiendo sus límites, dada la creciente densidad de población de la zona urbana. De estos seis distritos, cinco son urbanos.

El distrito rural, el más extenso de todos, corresponde a todas aquellas parroquias situadas en la periferia del núcleo urbano. Estas parroquias podrían al mismo tiempo agruparse por la actividad económica más significativa, siendo por ejemplo las parroquias industriales aquellas situadas más al oeste y sur-oeste, las residenciales situadas al este y las agrícolas al sur ([www.gijon.es](http://www.gijon.es)). Dentro de cada una de ellas pueden encontrarse diferentes barrios y aldeas, éstas últimas corresponden a aquellos pequeños asentamientos cuya población es inferior a la de un pueblo.

Por otra parte, los cinco distritos urbanos de Gijón, están sub-divididos en barrios y no parroquias, dado el gran tamaño de los mismos. Algunos de ellos, como es el caso de Tremañes, era considerado hasta hace poco parroquia y se estructuraba al mismo tiempo en otros barrios internos: Tremañes, La Dehesa, Lloreda y La Picota. Sin embargo, el crecimiento progresivo de la ciudad ha conllevado a la integración de zonas periféricas al área urbana, y Tremañes supone un claro ejemplo de este proceso. Podría decirse que estas parroquias se han desprovisto de sus características más rurales para convertirse en parte del núcleo urbano.

La ciudad de Gijón, históricamente industrial, vio afectada su tejido urbanístico por la llegada masiva de trabajadores de este sector ya en la década de los sesenta, afectando los espacios urbanos de forma no sólo física sino también social, ambiental o funcional (Obeso, 2015). La regeneración urbana es todavía un proceso a desarrollar en estos entornos periféricos, donde predomina la construcción difusa de viviendas adosadas o unifamiliares. Por otra parte, el crecimiento de esta ciudad, como tantas otras, se encuentra entorpecido por la presencia de barreras físicas como son las vías de comunicación o las áreas puramente industriales o agrícolas.

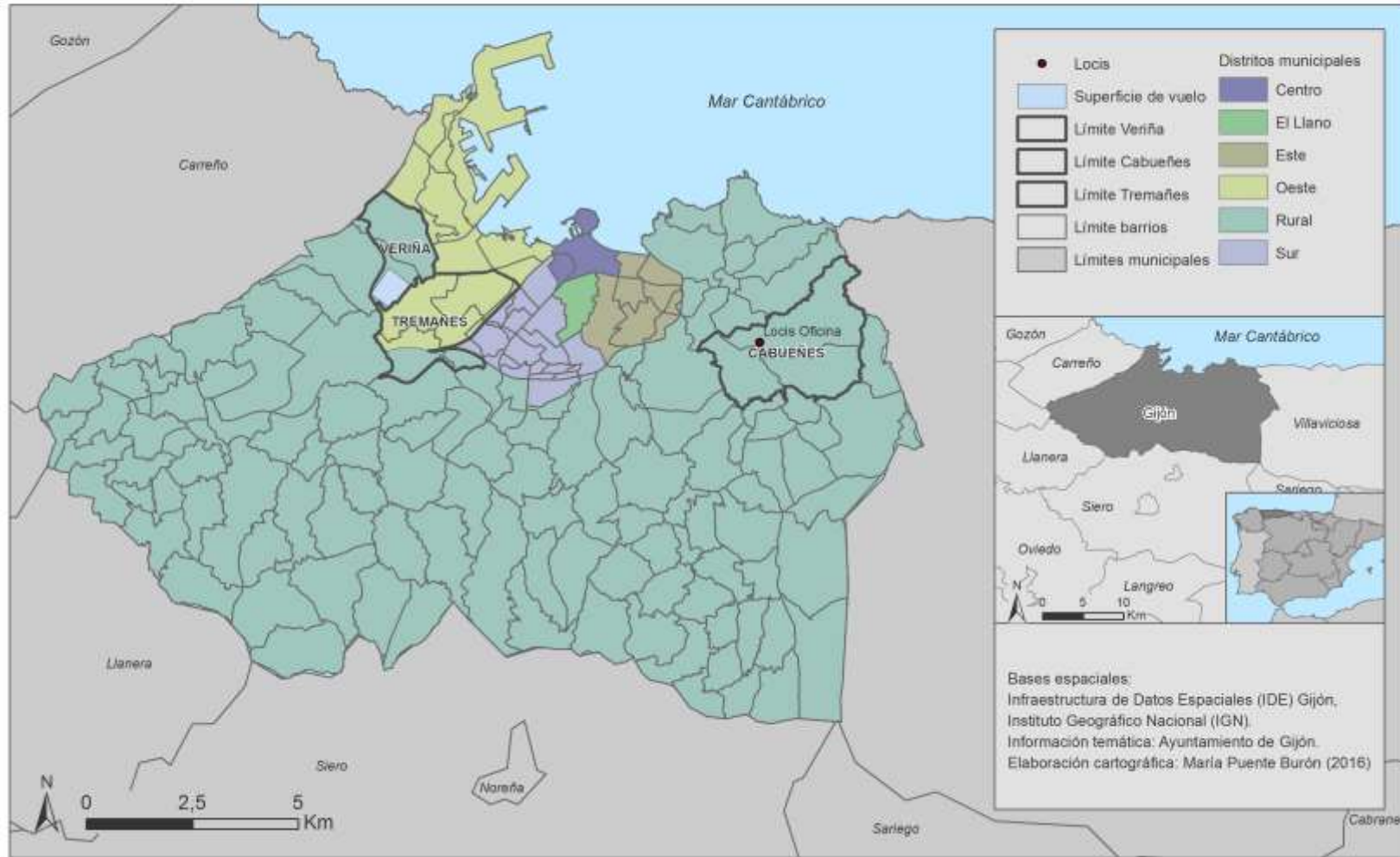


Figura 4: Distritos de Gijón. Elaboración propia.



## 2.1.2. Modelo territorial de Gijón.

Según se refleja en el *Plan General de Ordenación* (PGO) de Gijón, el modelo de ciudad que se pretende conseguir es el de ciudad compacta y sostenible. Una ciudad sostenible es aquella que *garantiza las necesidades del presente sin comprometer las de las generaciones futuras* (Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1984).

Para ello se apuesta por un escenario conservador y de desarrollo moderado, donde se refuerce la densidad de las construcciones sin necesidad de su crecimiento en altura e impulsando la vida en el centro de la misma.

Tanto en lo referido a espacio industrial así como el espacio universitario, no se prevén modificaciones futuras, puesto que las extensiones de ambos cumplen con creces los requisitos presentes y adecuados para los próximos años.

Uno de los problemas principales de Gijón es la movilidad, factor intrínsecamente relacionado con el concepto de ciudad compacta, puesto que el crecimiento extensivo de la misma supone un problema a la hora de los desplazamientos. La estación intermodal del centro de la ciudad es un objetivo que se lleva persiguiendo en la última década y que sin duda su consecución supondría un gran avance, puesto que en la actualidad no existe una integración de todos los medios de transporte públicos, tanto intra-urbanos como inter-urbanos.

La posición estratégica de la ciudad ofrece grandes potencialidades para destacar en actividades industriales y logísticas vinculadas a los proyectos de suelo industrial así como de infraestructura portuaria. El liderazgo que Gijón protagonizó en los años previos a la crisis ha dado paso a una situación de peligroso estancamiento general, tanto económico como social. Es por ello que estas actividades más tradicionales del municipio deben ser dinamizadas apostando por otros sectores con valor añadido como las energías renovables o la industria avanzada (*Documento de Prioridades PGO de Gijón, 2014*).

En cuanto a la gestión de las zonas litorales, reguladas por el Plan Territorial Especial de Ordenación del Litoral de Asturias (POLA) aprobado en Febrero de 1994, se establece un margen de protección de la zona costera de 500 m, considerando dicho área como suelo no urbanizable. Por otra parte la importancia de preservar el paisaje Asturiano y la orientación a alternativas verdes es evidente, apostando por ejemplo, por el uso de la bicicleta con la adaptación de múltiples carriles bici y sendas turísticas, cuya finalidad es la creación de un anillo cerrado que logre la conectividad de la ciudad con su entorno natural más inmediato.



## 2.2. Parque Científico Tecnológico

La primera de las ubicaciones del área de estudio es la oficina de la empresa *Locis Sigtech*, donde se ha cumplido el periodo de prácticas presentado en esta memoria, y que se encuentra ubicada en el *Parque Científico Tecnológico de Gijón* (Figura 5). En sus instalaciones y zona de aparcamiento se han realizado la mayor parte de misiones de vuelo, con el objetivo de hacer comprobaciones de cada uno de los dispositivos instalados en el dron. Esta zona empresarial está situada en el área periurbana, concretamente en la parroquia rural de Cabueñes, donde domina el campo y las áreas residenciales, así como merenderos, campings o áreas recreativas, muy típicas de la zona. En sus cercanías se encuentran otros equipamientos de importancia como el Hospital de Cabueñes –el principal de la ciudad – o la Universidad Laboral, que además de constituir uno de los edificios emblemáticos de Gijón alberga gran variedad de programas educativos.



Imagen 6: Parque Científico Tecnológico y Universidad Laboral. Fuente: [www.elcomercio.es](http://www.elcomercio.es)

La descongestión de los centros metropolitanos mediante el traslado a las zonas periféricas de sus actividades económicas principales, es una labor que se viene realizando en las últimas décadas en localidades como Gijón. De esta forma logran equilibrarse los desplazamientos diarios entre distritos, así como a otros municipios de la provincia. Garantizar el crecimiento compacto de la ciudad, y de esta área concreta destinada al progreso empresarial, es esencial para efectuar un desarrollo sostenible de la misma. El consumo del suelo debe gestionarse de forma acompasada a la demanda, y procurando un crecimiento de este sector concreto alrededor del eje establecido por el *Parque Científico Tecnológico* existente y la Universidad.

# Ubicación empresa Locis Sigtech y localización de área de estudio

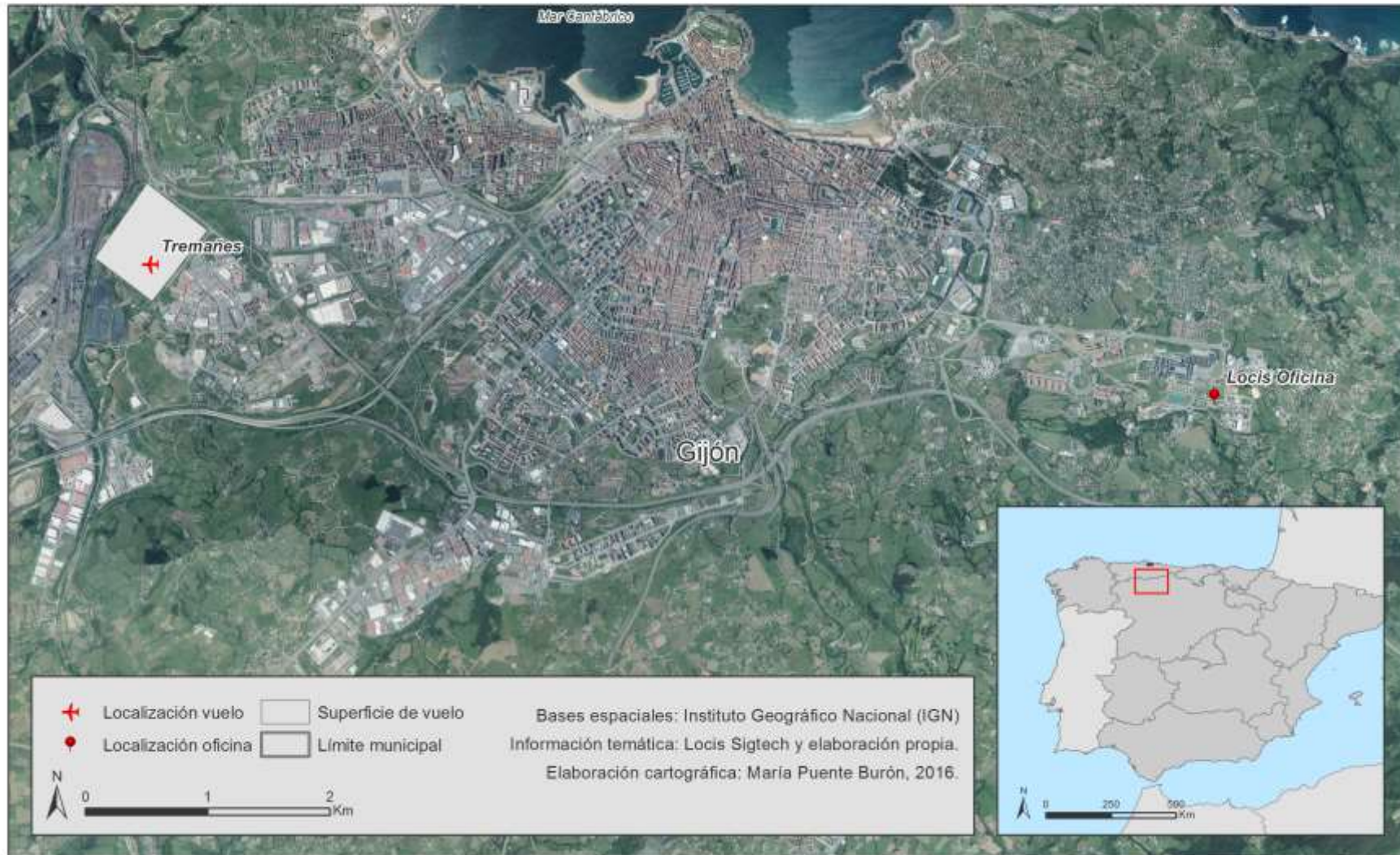


Figura 4: Mapa de localización de las áreas de estudio. Fuente: Elaboración propia



La problemática principal que puede encontrarse en esta área empresarial y que lógicamente es más pronunciada en las *horas punta*, son los embotellamientos en las autovías de enlace con los distintos puntos neurálgicos del Principado de Asturias. A pesar de haber mejorado este aspecto al estar desplazada lejos del foco de actividad que sugiere el centro metropolitano, se encuentra por otra parte próxima a los distintos epicentros de entrada a la misma. Estas condiciones son causadas principalmente por el uso masivo del transporte privado, así como la escasez de alternativas de enlace en rotondas y carriles de incorporación y salida.

El inadecuado uso de los distintos sistemas de transporte constituye un problema fundamental de ordenación territorial en poblaciones como Gijón. Pese a contar con un buen sistema de transporte de autobús para viajes dentro de la ciudad y a las localidades más importantes, servicio de tren con amplia variedad horaria, así como el incipiente interés por promover el uso de la bicicleta, es todavía un asunto sobre el que se debe trabajar. De alguna forma los medios de comunicación alternativos al automóvil no suponen incentivo suficiente para la ciudadanía, con las correspondientes problemáticas de ordenamiento territorial que suponen: aumento del consumo de suelo destinado a infraestructuras, impacto paisajístico, incremento de emisiones de CO<sub>2</sub> y contaminación acústica, etc.

### **2.3. Ubicación para la ejecución de la misión de vuelo y protocolo.**

La segunda ubicación de referencia en esta memoria, se halla en los límites del barrio de Tremañes, área situada al Oeste del municipio y de naturaleza esencialmente industrial. Concretamente se encuentra en la zona limítrofe de este barrio con la parroquia de Veriña, situada al oeste, pero que se considera esencialmente parte del llamado Polígono Industrial de Tremañes. En este lugar se ha realizado el vuelo de la misión principal cuyos datos serán los expuestos en este documento. El motivo de su elección se debe a la gran variedad de información que presenta, puesto que alterna espacios no edificados con vías de comunicación y naves industriales, todo esto en una zona con diversidad de desniveles. El objetivo primordial de esta selección era ratificar la aplicabilidad del método en áreas geográficas cuya topografía fuera heterogénea –hasta entonces sólo se habían realizado pruebas en zonas llanas –y la capacidad de trabajar con imágenes en las que se visualizaran diversidad de elementos.

#### **2.3.1. Características sociodemográficas.**

Esta área industrial, continúa hoy en día activa, a pesar de haber visto agravada su situación desde el surgimiento de la crisis económica. Sin embargo, las instalaciones son ampliamente aprovechables, pues están bien equipadas y gozan de una ubicación inmejorable, próxima a vías de comunicación por tierra, mar y aire. Aseguran una oferta abundante de espacios para este uso y que será de sobra adecuado para las próximas décadas (*PGO de Gijón*, 2014).

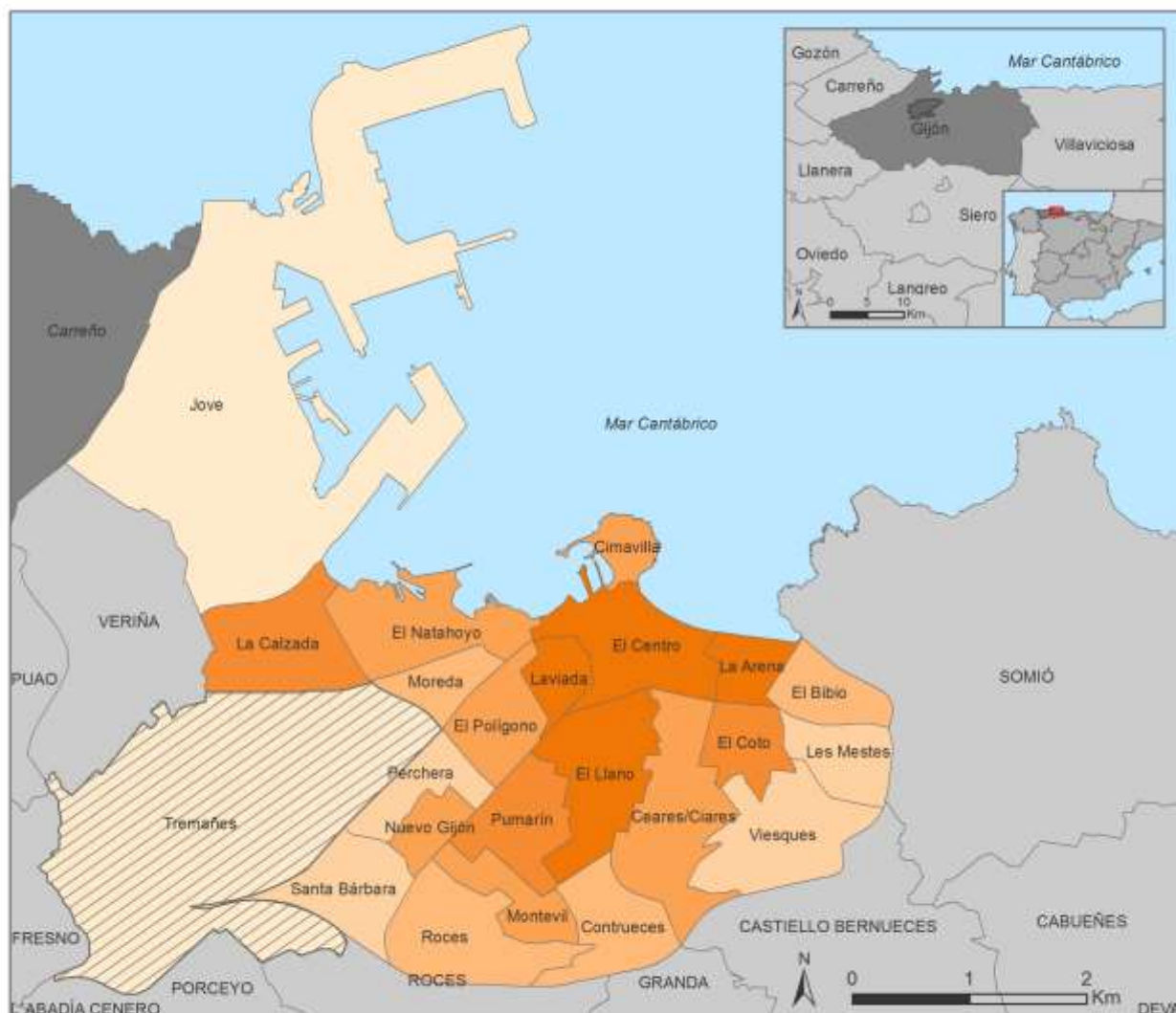
En la Figura 6 se representa la densidad de población urbana del municipio de Gijón limitada por barrios, así como un detalle de la estructura demográfica del barrio de Tremañes, que corresponde a la zona de estudio. Como ocurre con los barrios más periféricos, su densidad de población es muy baja en comparación con el resto de la urbe. Esto se debe a varias causas, en primer lugar la gran superficie que ocupa el barrio y que como se observa en la Figura 7 de usos de suelo, corresponde en su mayoría a suelo industrial. Además la inclusión de este barrio al distrito urbano oeste de Gijón es bastante reciente, por lo que aún mantiene parte de las características del entorno rural al que pertenecía.

Observando la pirámide poblacional se advierte, como en el resto del municipio, un envejecimiento de la población que irá en aumento en los próximos años, puesto que el mayor porcentaje de residentes en el barrio se encuentra en unos rangos de edad comprendidos entre los 35 a 45 años y ya en la actualidad se encuentra en unos valores altos de población mayor de 60 años. Por otra parte, la base de la pirámide es bastante estrecha, evidenciando la reducida tasa de natalidad en la zona.

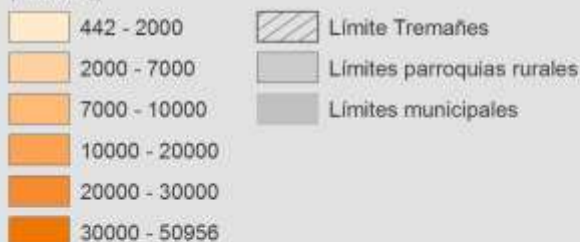
El distrito Oeste dentro del Tremañes, ganó población en el periodo comprendido entre los años 2000 y 2013, según afirman los datos de ayuntamiento municipal. Aumentando en unos 6000 habitantes durante esos 14 años, albergando para el último año un 18 por ciento de la población total de Gijón. En los últimos años puede afirmarse que mantiene su densidad de población, con crecimiento sutil, pero que se mantiene (El Comercio, 2015).

Puesto que la actividad económica de zonas como Tremañes se concentra principalmente en los polígonos industriales, esta supone la principal razón de pérdida de población. Además, los niveles formativos en estos barrios y parroquias son en general inferiores a la media municipal y a otras parroquias, aunque se registran porcentajes elevados de titulados medios y diplomados de Escuelas Técnicas (Potencialidad de la zona rural gijonesa, enfoque empresarial y de empleo, 2003).

## Estructura demográfica barrios urbanos del municipio de Gijón

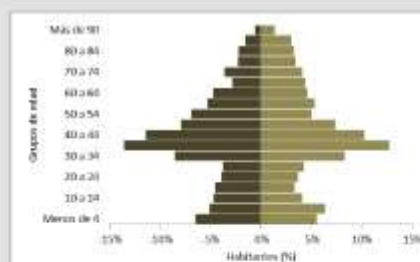


Densidad población  
(Hab/Km2)



Bases espaciales: Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) Gijón,  
Instituto Geográfico Nacional (IGN).  
Información temática: Ayuntamiento de Gijón.  
Elaboración cartográfica: María Puente Burón (2016)

Pirámide de Población de Tremañes



Universidad  
Zaragoza

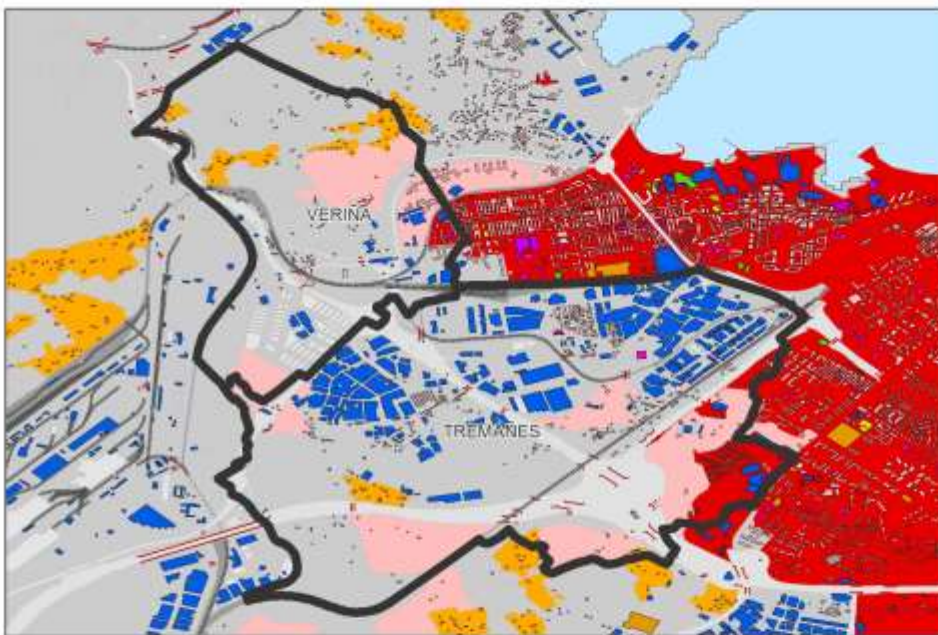
**LOCIS**  
SIGTech

Figura 5: Estructura demográfica de la población urbana de Gijón. Elaboración propia.

# Usos de suelo Tremañes y Veriña



- Usos de suelo
- Sin uso
  - Agricultura
  - Forestal
  - Pesca
  - Industrial
  - Infraestructuras
  - Residencial



- Edificaciones
- Edificios
  - Uso docente
  - Uso industrial
  - Uso residencial
- Suelo residencial
- Residencial Intensivo
  - Residencial Rural
  - Residencial Baja Densidad
- Red viaria
- Ferrocarril
  - Carreteras



Bases espaciales:  
 Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) Gijón.  
 Infraestructura de Datos Espaciales España (IDEE)  
 Elaboración cartográfica:  
 María Puente Burón (2016)



**Universidad**  
Zaragoza

**LOCIS**  
SIGTech

Figura 6: Usos de suelo en los barrios de Tremañes y Veriña. Elaboración propia.



### 2.1.1. Transformaciones recientes y usos de suelo

Visualizando la cartografía de la Figura 4 de usos de suelo, en el área situada en el límite existente entre el barrio de Tremañes y el de Veriña, se observa su gran superficie destinada al suelo industrial. Las zonas residenciales se aglomeran en la parte más próxima a la zona urbana del municipio, pero siendo calificadas como “zona residencial de baja densidad”, pues la tranquilidad que se respira en el barrio se mantiene en toda su extensión.

A día de hoy este barrio presenta un aspecto variado y estropeado. Alberga en sus calles más urbanas una mezcla de viviendas de nueva creación, notorias por sus modernos diseños y por corresponder en su mayoría a pisos adosados de pocas alturas. Al mismo tiempo también se sitúan casas con jardín particular junto con otras comunidades formadas por edificios de nuevo destacables por ser bastante bajos y presentar pequeños patios de recreo o jardines (Imagen 8). Esta diversidad se debe a la declaración del barrio como zona degradada hace tres años y que por tanto ha sufrido un proceso de reforma con algunos edificios de nueva construcción.



Imagen 7: Barrio de Tremañes: Edificios nuevos frente a tradicionales. Fuente propia y [www.google.es/maps](http://www.google.es/maps).

Se encuentran también otros inmuebles mucho más degradados, algunos aún en uso y otros claramente abandonados. Al mismo tiempo existe una alternancia de terrenos puramente rurales y totalmente desatendidos. Esta imagen aumenta a medida que se avanza hacia Veriña, puesto que forma parte ya del distrito Rural y por tanto la diseminación de las edificaciones así como su consideración como residencias de tipo rural es progresivamente notoria.



Imagen 8: Barrio de Treamañes. Fuente propia.

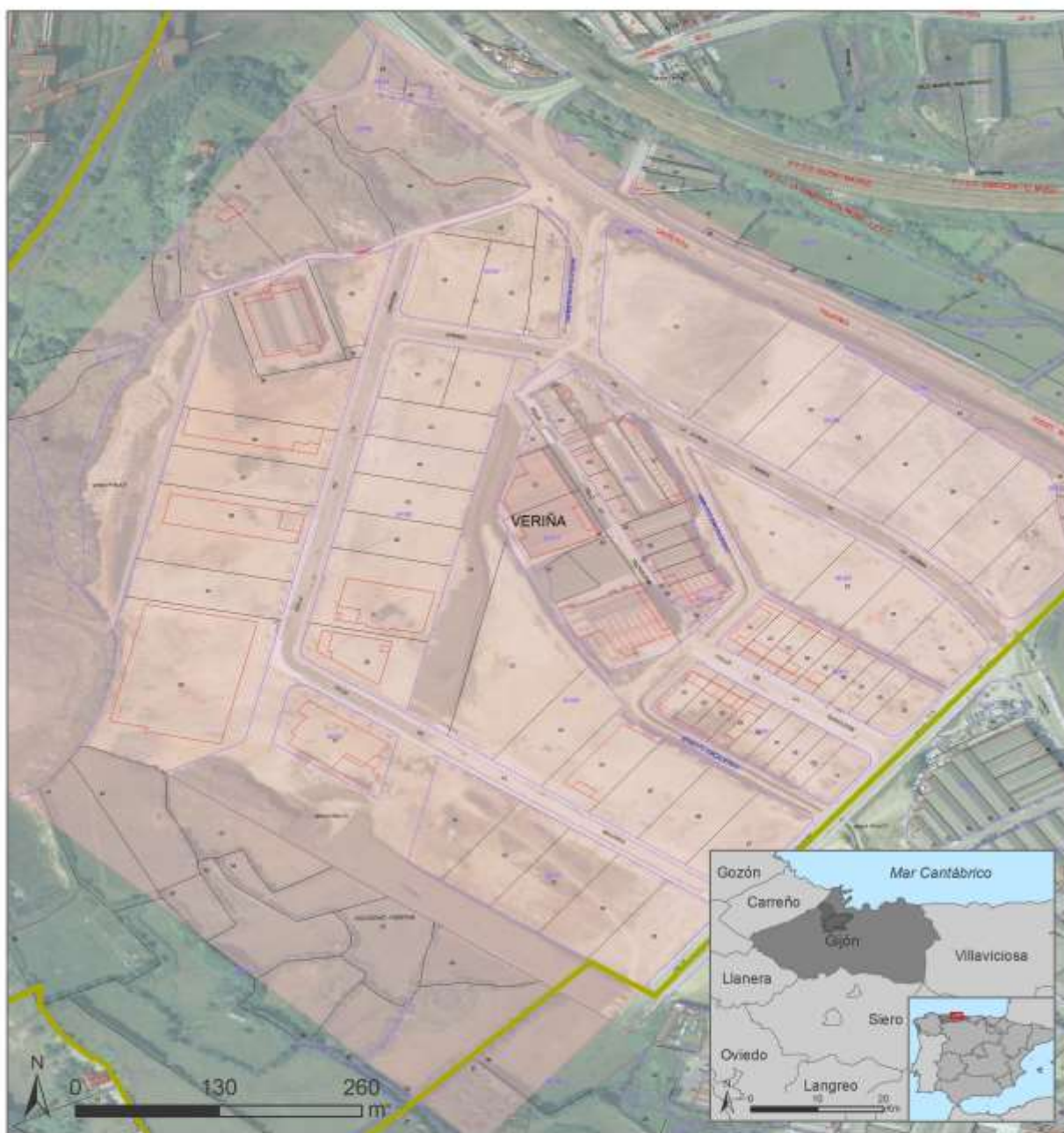
Por otra parte, cabe destacar las edificaciones, especialmente las industriales. Como puede observarse en el mapa, hay variedad de edificios, sin embargo alrededor de la mitad están en desuso actualmente. Esto provoca grandes efectos de degradación de las propias construcciones así como del paisaje de la zona, influyendo directamente en la calidad de vida de las personas residentes en sus inmediaciones. Por otra parte la grave carencia de zonas verdes apropiadamente dispuestas también influye negativamente en la calidad de vida de los ciudadanos de estos barrios, ya que a diferencia de Treamañes, incluso en las zonas más congestionadas de la ciudad de Gijón existen múltiples áreas recreativas y parques.

La línea ferroviaria ha sido siempre causa de separación en ciudades en proceso de expansión y no es diferente en Gijón. El barrio de Treamañes está limitado al Este por esta vía de comunicación, que la separa bruscamente del resto de la metrópoli. Por otra parte se encuentra limitado por la autovía del Cantábrico en el Sur, así como otras carreteras secundarias que atraviesan su suelo. Es por estas razones que presenta multitud de puentes y pasarelas que ayuden a comunicar ambas partes de la ciudad.

El barrio de Treamañes como ocurre con los barrios periféricos, se encuentra en una situación complicada y cuya causa se debe al continuo crecimiento de las ciudades hacia sus suburbios, donde los barrios albergaban la industria e infraestructuras de comunicación que ahora interfieren en el continuo del tejido urbano. Sin duda esta problemática se mantendrá con el tiempo, pues la expansión de las ciudades y el abandono de las áreas rurales es una realidad. Sin embargo este barrio se encuentra paralizado, adhiriéndose muy lentamente al progreso de crecimiento del municipio. En la Figura 8 se observa el mapa parcelario catastral de la superficie volada, donde se aprecia la abundancia de solares destinados a la industria.



## Parcelas catastrales en el área de estudio comprendida entre el barrio Tremañes y Veriña



LÍNEAS	
	Manzana / Polígono
	Parcela
	Construcción/subparcela

ATRIBUTOS	
016	Polígono
93985	Manzana

	Límite Tremañes
	Límite Veriña
	Superficie de vuelo

Bases espaciales: Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) Gijón, Instituto Geográfico Nacional (IGN).  
 Información temática: Ayuntamiento de Gijón.  
 Elaboración cartográfica: María Ponte Burón (2016)



**Universidad**  
Zaragoza

**LOCIS**  
SIGTech

Figura 7: Mapa catastral área de vuelo. Elaboración propia.

## 2.1.2. Análisis DAFO

Para valorar la situación del área de estudio, se ha desarrollado un análisis de los aspectos positivos y negativos de la zona seleccionada así como de su entorno, con la finalidad de determinar un diagnóstico que permita conocer la situación presente y las posibilidades futuras del área comprendida entre el barrio de Tremañes y el de Veriña. En la Tabla 4 se presenta el análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO).

DEBILIDAD	AMENAZA
<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Degradación paisaje y edificios.</li> <li>✗ Mala calidad edificaciones.</li> <li>✗ Mala urbanización.</li> <li>✗ Falta de equipamientos.</li> <li>✗ Retroceso poblacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Futuro incierto del sector industrial en la región.</li> <li>✗ Progresiva pérdida de competitividad de la agricultura y áreas rurales.</li> <li>✗ Pérdida de densidad de población.</li> <li>✗ Envejecimiento de la población.</li> </ul>
FORTALEZA	OPORTUNIDAD
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gran superficie suelo industrial.</li> <li>✓ Sin aglomeraciones.</li> <li>✓ Oferta de suelos disponibles.</li> <li>✓ Entorno natural.</li> <li>✓ Cercanía a la ciudad.</li> <li>✓ Cercanía principales vías de comunicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Progresiva urbanización de espacios periurbanos.</li> <li>✓ Densificación urbanística de suelos urbanos existentes.</li> <li>✓ Mejora de servicios y condiciones en las zonas rurales provoca movimientos migratorios a éstas áreas.</li> </ul>

Tabla 4: Análisis DAFO del área del Polígono Industrial de Tremañes. Elaboración propia.

La principal debilidad del área de estudio es la degradación heredada de su historia en las últimas décadas y que refleja la apariencia típica de un barrio industrializado, cuyo proceso de renovación será sin duda paulatino. Esto, sumado a una mala calidad de aquellas edificaciones así como a un desorden en el planeamiento urbanístico de entonces agrava la situación. Todo ello concluye en un aspecto deteriorado y heterogéneo, puesto que conviven las residencias más antiguas y de aire más rústico con las nuevas edificaciones residenciales en pisos de poca altura. Este tipo de viviendas más anticuadas suele ir ligado a una población envejecida, que como se ha visto anteriormente, prevalece en la ciudad y sobre todo en estos barrios de Tremañes y Veriña. La escasa demanda de viviendas en zonas como esta tampoco ayuda a su rejuvenecimiento.

Como oportunidades interesantes para afrontar los aspectos negativos de esta zona se encuentra la progresiva mejora de los servicios y equipamientos en todas las áreas periféricas como estas, puesto que se persigue ofrecer la misma calidad de vida a todos los residentes de la ciudad, dentro de lo posible. Esto sumado a una correcta promoción, por ejemplo, de viviendas de precio limitado, podría ayudar a regenerar el barrio. Asimismo como apunta el PGO de Gijón, se apuesta por una estructura densificada del suelo urbano, de forma que se consolide el suelo existente en lugar de consumir nuevas superficies que pudieran ser destinadas a otros usos. Al mismo tiempo estas zonas también parecen despertar interés

residencial, en el caso de Tremañes debido a los bajos precios y a los procesos de regeneración de los que está siendo partícipe.

La naturaleza industrial del área y el gran espacio destinado a ello actualmente puede suponer un aspecto negativo, puesto que la situación económica actual es desfavorable para la industria y por tanto entorpece el desarrollo del barrio en otros sectores. Esto añadido a la paulatina pérdida de competitividad e interés por parte de la población de las zonas más rurales así como de las actividades propias del sector primario provoca que el barrio se encuentre estancado en cuanto a su situación en el ámbito local. Por otra parte la pérdida de densidad de población así como el envejecimiento de la misma sentencian la riqueza de actividad y vigor de Tremañes y Veriña.

Como fortalezas del barrio ya se ha señalado anteriormente el gran valor de las instalaciones industriales (siderúrgicas, astilleros, etc.) de las que goza en municipio de Gijón, muchas de las cuales se encuentran en el Polígono Industrial de Tremañes y alrededores. Gracias su gran superficie, se presenta un abanico de posibilidades de distintos usos de suelo desarrollables en el futuro. Además, por su ubicación cuenta con una proximidad al entorno rural que podría ser interesante explotar de forma que se genere un entorno más en contacto con la naturaleza. Por último la proximidad a la ciudad y a las principales vías de comunicación en tren y vehículo rodado establecen las condiciones ideales para la mejora de los servicios de transporte con el resto de la ciudad y el municipio.

### 3. Metodología

Atendiendo a lo recogido en los objetivos del proyecto, el presente apartado de la memoria desarrollará cada uno de las secciones señaladas en la Figura 6. Los dos últimos, correspondientes a la elaboración del protocolo de trabajo para la captura de información geográfica mediante UAV y la valoración de las posibilidades analíticas de imágenes multiespectrales, se presentarán como resultados debido a la naturaleza experimental que han supuesto ambas etapas. Además esta parte ha supuesto el 80 por ciento de la realización de las prácticas en empresa.

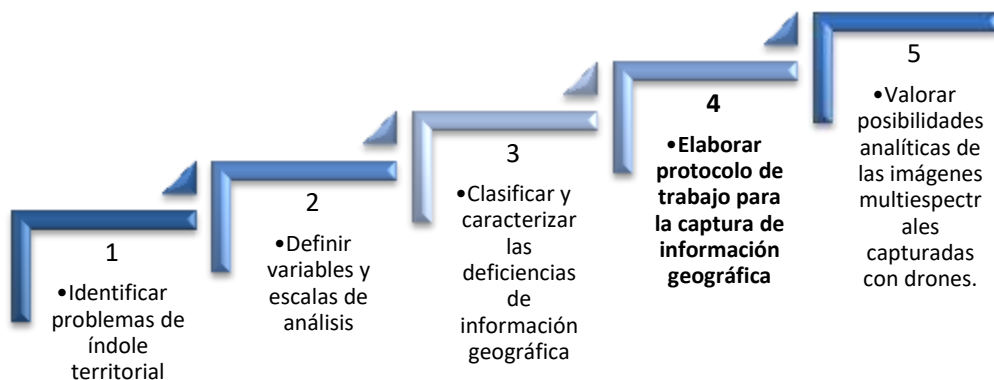


Figura 8: Proceso metodológico. Elaboración propia.

### **3.1. Identificación de problemas de índole territorial.**

En primer lugar será necesario identificar los problemas de índole territorial, lo cual, a grandes rasgos y siendo conscientes de que se necesita una mayor profundización, ya se ha expuesto para el caso del presente trabajo en el apartado destinado al área de estudio.

Al no tratarse del objeto de estudio del presente trabajo, se ha realizado una breve descripción de las características de la zona de estudio, una pequeña evaluación y un análisis de la situación en cuestiones territoriales.

Es por ello que una vez identificado aquel problema o problemas principales se continuará con el proceso de recopilación de información, de forma que las ideas iniciales puedan ser contrastadas y que pueda certificarse la existencia de los problemas o bien el descubrimiento de otros nuevos.

### **3.2. Variables y fuentes de información**

Conocido el punto de partida, habrá que definir aquellas variables a obtener para cumplir con la búsqueda establecida anteriormente. Esta información será de índole variada así como el lugar de obtención de las mismas.

A continuación, en la Tabla 5, se detallan algunas de las principales fuentes de información y tipos de variables que ofrecen:

ÁMBITO	FUENTE INFORMACIÓN	TIPO DE INFORMACIÓN
<b>Ámbito local</b>	Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Gijón	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Límites administrativos (barrios y parroquias)</li> <li>▪ Cartografía municipal</li> <li>▪ Usos de suelo</li> <li>▪ Catastro</li> </ul>
	Reutilización de la Información del Sector Público en Gijón (RISP Gijón)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Portal de información pública municipal (datasets)</li> <li>▪ Padrón municipal por barrios y parroquias</li> </ul>
<b>Ámbito provincial/ autonómico</b>	Sistema de Información Territorial del Principado de Asturias e Infraestructura de Datos Espaciales de Asturias (SITPA-IDEAS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ortofotografía 2009 escala 1:5.000</li> <li>▪ Límites Plan de Ordenación del Litoral Asturiano (POLA)</li> </ul>
	Instituto de Desarrollo Económico del Principado de Asturias (IDEPA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Polígonos industriales</li> </ul>
<b>Ámbito Estatal</b>	Infraestructura de Datos espaciales de España (IDEE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dirección General del Catastro (WMS)</li> </ul>
	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de máxima actualidad (PNOA)</li> <li>▪ Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE)</li> <li>▪ Servidor de Imágenes y Mapas (Iberpix)</li> </ul>
<b>Ámbito Europeo y Global</b>	Geoportal INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visor global INSPIRE</li> <li>▪ Acceso, validación y creación de metadatos</li> </ul>
	Google Maps	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ubicación de lugares</li> </ul>

Tabla 5: Fuentes de información. Elaboración propia.

La IDEE permite la visualización, descarga, y consulta de bases de datos geográficas que podemos descargar para nuestro entorno de trabajo. Puesto que en su mayoría se trata de información espacial, cartografía, fotografías aéreas, etc., la resolución temporal en este caso no suele ser inferior al año, debido a la complejidad de la toma de observaciones así como el procesamiento posterior para obtener el producto final que será puesto a disposición pública. La resolución espacial será variable, puesto que la amplitud y diversidad del catálogo de productos ofrecida así lo sugiere. Esta IDEE, de tipo estatal, también se reproduce en la mayoría de las comunidades autónomas del país. De esta forma se simplifica la búsqueda de información específica cuando el ámbito de trabajo sea de tipo autonómico, provincial, o de límites administrativos inferiores; obteniendo fácilmente la misma información aplicada al límite autonómico que corresponda. Las referencias al tipo de resolución espacial y temporal, así como otras características de las distintas capas de información, están siempre abiertas a consulta a través de los metadatos disponibles en este portal de información.

De forma similar, el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) permite descargar gratuitamente ficheros digitales de carácter geográfico generados por el Instituto Geográfico Nacional y cuyos productos se encuentran en constante actualización. A modo de ejemplo, las imágenes del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) se actualizan de forma alterna cada año por distintas zonas del país dado el gran recubrimiento superficial que deben abarcar.

Las fuentes de información comentadas anteriormente son gratuitas, por lo que facilita enormemente el acceso a toda clase de datos geográficos. Sin embargo, los usuarios son dependientes del grado de detalle que así hayan establecido los organismos encargados a la hora de su elaboración. Por ello, ante la demanda de datos por parte de los usuarios, es posible no encontrar lo que se busca, o que a pesar de que exista no cumpla con los requerimientos necesarios. Puede darse que la resolución espacial no tenga detalle suficiente para, por ejemplo, visualizar ciertos elementos espaciales; o porque no se consiga una periodicidad adecuada para la observación de ciertos elementos geográficos.

Ante esta problemática surge la posibilidad de planificar un vuelo mediante dron y cámara fotográfica, de forma que pueda determinarse a medida el ámbito del estudio, su resolución, así como su frecuencia. Este proceso, sin embargo, supone el alquiler de un equipo o bien la contratación de un operador, con los consecuentes costes. Además requeriría de un procesamiento, y conocimientos para realizarlo, de dichas observaciones que permita elaborar el producto final para su posterior uso. Sin embargo, en el presente ya se encuentran disponibles de forma asequible esta clase de dispositivos que, dado el progresivo desarrollo, sólo facilitará su accesibilidad a profesionales de todos los sectores en los próximos años.

### **3.3. Propuesta analítica**

Con la finalidad de clasificar y caracterizar las deficiencias de información geográfica disponible para cualquier trabajo de ordenación territorial, se propone un análisis en forma de breve tabla que permita determinar la adecuación de los datos obtenidos a la finalidad del estudio, y que en caso contrario permitan definir cuáles son aquellas carencias.



ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN				
Naturaleza		Cualitativa		Cuantitativa
Tipo		Espacial		Temática
Metadatos		Sí		No
Resolución óptima		Sí		No
Resolución (píxels, metros, ...)				
Formato		Analógico		Digital
				Ráster
				Vectorial
Tamaño archivo/dimensiones				
Acceso		Libre		Pago
Periodicidad (años)				
Fuente información		Primaria		Secundaria
				Interna
				Externa
Fecha elaboración/descarga				

Tabla 6: Ficha de análisis de información. Elaboración propia.

A continuación se aplicará la tabla anteriormente expuesta a cada una de las fuentes de información utilizadas para el presente trabajo, con el fin de identificar la adecuación de cada una de ellas.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN: Ortofotografía Gijón (WMS)				
Naturaleza		Cualitativa	X	Cuantitativa
Tipo	X	Espacial		Temática
Metadatos	X	Sí		No
Resolución óptima		Sí	X	No
Resolución	20 cm escala 1:2.000			
Formato		Analógico	X	Digital
			X	Ráster
				Vectorial
Tamaño archivo/dimensiones	-			
Acceso	X	Libre		Pago
Periodicidad (años)	4 años			
Fuente información		Primaria	X	Secundaria
				Interna
			X	Externa
Fecha elaboración/descarga	Septiembre 2006			

Tabla 7: Análisis propiedades WMS Ortofotografía Gijón 2006 (IDE Gijón). Elaboración propia.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN: Ortofotografía PNOA (WMS)				
Naturaleza		Cualitativa	X	Cuantitativa
Tipo	X	Espacial		Temática
Metadatos	X	Sí		No
Resolución óptima	X	Sí		No
Resolución	25 cm a partir escala 1:70.000			
Formato		Analógico	X	Digital
			X	Ráster
				Vectorial
Tamaño archivo/dimensiones	-			
Acceso	X	Libre		Pago
Periodicidad (años)	Anual			
Fuente información		Primaria	X	Secundaria
				Interna
			X	Externa
Fecha elaboración/descarga	Junio 2015			

Tabla 8: Análisis propiedades WMS Ortofotografía PNOA. Elaboración propia.

A continuación se muestra una de las capas vectoriales en formato shape (.shp) a modo de ejemplo de otras utilizadas y obtenidas de la misma fuente de información (IDE de Gijón).

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN: Límites administrativos barrios y parroquias				
Naturaleza	X	Cualitativa		Cuantitativa
Tipo	X	Espacial	X	Temática
Metadatos	X	Sí		No
Resolución óptima	X	Sí		No
Resolución	-			
Formato		Analógico	X	Digital
				Ráster
			X	Vectorial
Tamaño archivo/dimensiones	1 Mb			
Acceso	X	Libre		Pago
Periodicidad (años)	4 años			
Fuente información		Primaria	X	Secundaria
				Interna
			X	Externa
Fecha elaboración/descarga	16/06/2015			

Tabla 9: Análisis propiedades capas de información tipo .shp (IDE Gijón). Elaboración propia.



ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN: Catastro (WMS)				
Naturaleza	X	Cualitativa		Cuantitativa
Tipo	X	Espacial	X	Temática
Metadatos	X	Sí		No
Resolución óptima	X	Sí		No
Resolución	-			
Formato		Analógico	X	Digital
				Ráster X Vectorial
Tamaño archivo/dimensiones	-			
Acceso	X	Libre		Pago
Periodicidad (años)	diaria			
Fuente información		Primaria	X	Secundaria
				Interna X Externa
Fecha elaboración/descarga	-			

Tabla 10: Análisis propiedades WMS catastro (IDEE). Elaboración propia.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN: Usos de suelo (WMS)				
Naturaleza	X	Cualitativa		Cuantitativa
Tipo	X	Espacial	X	Temática
Metadatos	X	Sí		No
Resolución óptima	X	Sí		No
Resolución	-			
Formato		Analógico	X	Digital
				Ráster X Vectorial
Tamaño archivo/dimensiones	-			
Acceso	X	Libre		Pago
Periodicidad (años)	-			
Fuente información		Primaria	X	Secundaria
				Interna X Externa
Fecha elaboración/descarga	2006			

Tabla 11: Análisis propiedades WMS usos de suelo (IDE Gijón). Elaboración propia.

## 4. Resultados

A continuación se muestra la parte principal de la presente memoria, en la que se detalla el protocolo a seguir para obtener información geográfica a partir de imágenes capturadas mediante UAV. Como ya se ha comentado, este procedimiento surge de la necesidad de plantear este tipo de toma de datos en campo debido a la insuficiente información accesible en la actualidad para algunos proyectos, especialmente aquellos realizados a pequeña escala o que precisan de mayor periodicidad.

## **4.1. Protocolo para la captura de información geográfica mediante el uso de drones y su georreferenciación.**

Este documento pretende servir de referencia para la realización de observaciones territoriales mediante la captura de imágenes empleando UAV. Puesto que en este punto del proceso ya se conocerá el área de estudio sobre la que realizar el diagnóstico, se comenzará por estudiar la posibilidad de obtener información visual mediante la implementación de cámaras fotográficas integradas en UAV. La viabilidad de este procedimiento para la obtención de información geográfica de la zona dependerá de la presencia de obstáculos así como de la topografía del lugar. Por otra parte habrá de tenerse en cuenta la normativa vigente para la zona de trabajo, así como el tipo de suelo y de equipo utilizado.

### **4.1.1. Equipo técnico y humano.**

Para llevar a cabo esta clase de procedimientos los recursos y tiempo necesarios dependerán de las dimensiones del trabajo, pero serán normalmente similares a excepción de lo concerniente a los tiempos de vuelo. En caso de requerirse un mayor tiempo de vuelo, por tratarse de un área de trabajo extensa, habrá que cerciorarse de llevar las suficientes baterías cargadas, así como unas misiones de vuelo programadas acorde con el tiempo de autonomía de las mismas. La ejecución de los vuelos con UAV resulta bastante sencilla, por lo que sería posible realizarla con un solo operario, pues una vez montado el equipo se encargaría de supervisar el vuelo. Es aconsejable, no obstante, la presencia de un segundo operario que sirva de apoyo tanto para asegurarse de que el equipo está instalado correctamente, como para asistir en el seguimiento del vuelo. En cuanto al post-procesado de las observaciones, es una tarea sencilla por lo que una sola persona puede hacerlo.

En el caso del presente proyecto, el trabajo de campo se ha llevado a cabo en una sola jornada de unos cuarenta minutos de duración, sin contar con la media hora aproximadamente de tiempo de desplazamiento de ida y vuelta al lugar. El equipo humano se componía de tres responsables: un piloto encargado de manejar la aeronave, y dos operarios (entre ellos quien suscribe).

A continuación se detalla el equipo empleado para la ejecución de la misión. Cabe destacar la estrecha relación entre cada uno de los elementos para asegurar una elaboración óptima del trabajo, puesto que los materiales que se muestran son en su mayoría imprescindibles. La falta de alguno de ellos provocaría la incapacidad de realizar la labor.

## DRON DJI PHANTOM 2



<b>Aeronaute</b>	Peso con Batería	Sensibilidad de planeo	Máxima Velocidad de giro horizontal	Ángulo máximo de inclinación
	1000gr	Vertical: 0,8 m Horizontal: 2,5 m	200º/s	35º
	Maxima Velocidad de ascenso y descenso	Máxima velocidad de vuelo	Máxima longitud	
	6 m/s	10m/s	350mm	
	Tiempo de vuelo	Máximo peso de despegue	Temperatura de trabajo	
25min	1,3kg	-5ºC a 50ºC		
<b>Batería</b>	Batería	Peso de la Batería	Corriente de carga	
	5200mAh Lipo	340gr	4A	
<b>Mando</b>	Frecuencia de operación	Distancia de comunicación	Sensibilidad del receptor (1%PER)	
	2,4GHz ISM	1000m	-97dBm	
	Batería	Consumo de potencia		
4 Baterías AA	100mA - 6V			

Tabla 12: Características técnicas DJI Phantom 2. Fuente: <http://www.todophantom.com/caracteristicas-tecnicas-dji-phantom-2/>

**CONTROLADORA PIXHAWK PX4**

	Procesador avanzado 32 bit ARM Cortex M4®
	14 salidas PWM / servo ( 8 con FailSage y manual, 6 auxiliares , compatible de alta potencia)
	Abundantes opciones de conectividad para periféricos adicionales ( UART, I2C , CAN )
	Sistema de copia de seguridad integrada para la recuperación durante el vuelo y maniobra de emergencia con procesador y fuente de alimentación independiente
	El sistema de copia de seguridad se integra mixto , permitiendo unificar el modo manual y de piloto automático.
	Entradas de energía redundante y conmutación automática por error
	Botón de seguridad externa para la activación del motor de forma fácil
	Indicador LED multicolor
Tarjeta microSD para el registro de datos	
Dimensiones y peso	Peso: 38 g
	Ancho: 50 mm
	Espesor: 15.5 mm
	Largo: 81.5 mm

Tabla 13: Características técnicas controladora Pixhawk PX4. Elaboración propia.

Actúa como una especie de pequeño ordenador que permite la comunicación entre el dron y el ordenador. Es donde se almacena la información recogida por el GPS y de donde se obtiene el archivo con formato .log que registra cada una de las coordenadas. Es probablemente el elemento más importante de todo el equipo, puesto que sin él sería imposible la captura de información.

### 3DR UBLOX GPS CON BRÚJULA

	Estuche protector
	Cable de cuatro posiciones (brújula)
	De cinco a seis posiciones del cable (GPS) para el APM o PX4
	Usuarios de Pixhawk encontrarán un cable de seis posiciones incluido en el kit para conectar el GPS con el módulo de brújula para Pixhawk.
Dimensiones y peso	38 x 38 x 8.5 mm
	16.8 g

Tabla 14: Características técnicas GPS 3DR UBLOX. Elaboración propia.

### CÁMARA GOPRO HERO 3+ SILVER



Imagen 9: Cámara GoPro Hero 3+ Silver. Fuente: www.amazon.com

### ORDENADOR Y GAFAS FPV

Las gafas FPV (*First Person View*) mediante su antena, se comunican con el emisor situado en el dron que se encarga de enviar la información visualizada a través de la cámara. Para ello este emisor estará conectado a la cámara y enviará la señal a las gafas con ayuda de una antena. De esta forma el piloto visualiza lo que la cámara esté enfocando en cada momento,

pudiendo saberse la trayectoria del dron. Además de visualizar las imágenes, gracias al dispositivo OSD (*On-Screen Display*) también se obtienen datos facilitados por la controladora interna del dron, con el que poder visualizar información importante como: estado de carga de la batería, altura de vuelo, ángulo de orientación, etc.

Si cabe la posibilidad y, sobre todo, si se trata de largas misiones de vuelo, es recomendable incluir en el equipo una mesa plegable para colocar el ordenador y otros materiales. También el trípode para instalar la pantalla de visualización resulta de gran comodidad.

Esta pantalla reproduce lo mismo que las gafas FPV, y para su visualización, como se ve en la imagen 8, bastará con conectarla a las mismas, pues son las gafas quienes reciben la señal. A día de hoy, puesto que estos dispositivos sufren constantes actualizaciones y mejoras, sería posible obtener la señal de lo que visualiza la cámara integrada en el dron, directamente en la pantalla sin necesidad de que las gafas FPV actúen de intermediarias.



Imagen 10: Disposición de equipo de campo: PC, pantalla y gafas FPV. Elaboración propia.

El ordenador debe estar cargado, puesto que raramente se dispone de fuente de energía, y tener instalado el software *Ground Station* que será el encargado de enviar el archivo de la misión planificada a la controladora del dron. Para ello se conectará una antena al ordenador que permita enviar la señal.



## MALETÍN CON EQUIPAMIENTO



Imagen 11: Maletín de transporte del dron y dispositivos auxiliares. Elaboración propia.

El UAV viene acompañado de una serie de elementos como se ha visto anteriormente, por lo que suele utilizarse un maletín para transportarlos. En él puede encontrarse: baterías de repuesto, gafas de visualización conectadas a la cámara, antena de gafas para recibir la señal, mando de dron, walkie talkies, cables de conexión y gafas de sol.

### 4.1.2. Preparación y ejecución de la misión de vuelo.

Comenzando por determinar el área concreta que debe cubrirse, se configurará un diseño de la misión de vuelo, para lo cual existen varios programas, habiendo utilizado en este caso el software *Ground Station*. Se definirán unos puntos de apoyo, que describen el itinerario de la misión, y serán fijados de forma manual junto con la altura de vuelo a la que se dispondrán para la toma de imágenes. Esta altura se fijará para el primero de los puntos y se mantendrá constante en todos los demás. La selección de estos puntos es sencilla y no ha de ser perfecta, pues simplemente en el visor del programa (conectado a *Google Earth*) podrá observarse el entorno donde se trabajará, de forma que sea más fácil determinar el recorrido.

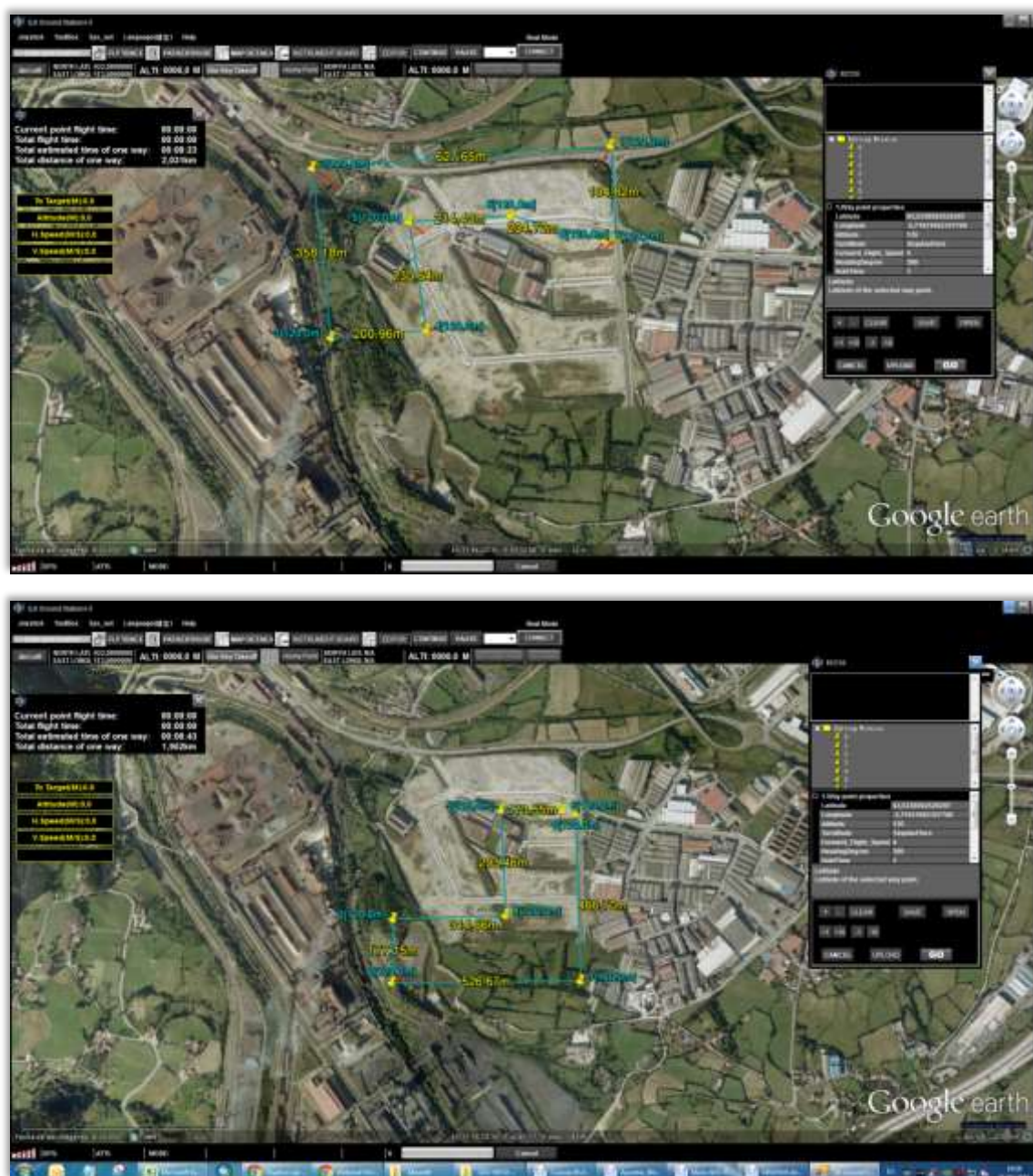


Imagen 12: Planificación misiones de vuelo 1 y 2 en Ground Station.

Para el presente caso de vuelo en el Polígono Industrial de Tremañes, se han llevado a cabo dos vuelos. Como se ha comentado anteriormente la duración de los vuelos depende íntimamente de la autonomía de las baterías del dron, y puesto que se trata de un área bastante extensa (en torno a las 44 Ha) resultaba inviable cubrir la zona de una sola vez. Es por ello que se han llevado a cabo dos vuelos de similar duración, de entre cinco y diez minutos.



Habiendo obtenido el archivo del itinerario de vuelo descrito en el paso anterior, se seguirá el proceso descrito en la Figura 6 para llevar a cabo la ejecución de la misión. Para ello será necesaria la preparación previa a la salida al campo, así como la puesta en marcha de la aeronave y equipos auxiliares, se irá rellenando la hoja de registro de vuelo.

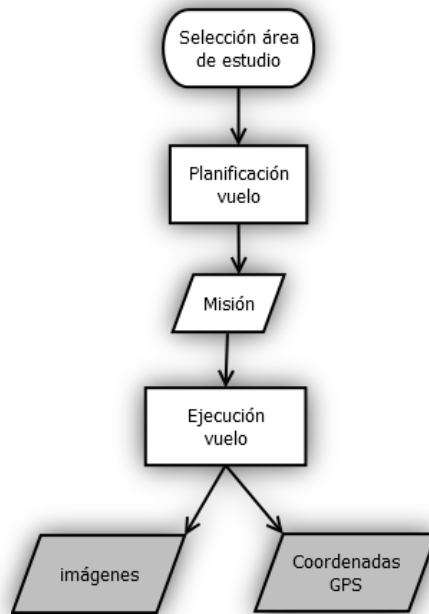


Figura 9: Diagrama de proceso de planificación y ejecución de vuelo. Elaboración propia.

A continuación se expone la hoja de registro en la que se distribuyen las tareas a realizar. En primer lugar constan aquellas preparaciones en oficina, previas a la salida al campo, donde se prepararán todos los materiales y equipos. Seguidamente se comprobará que se llevan todos los elementos necesarios previamente a la salida al campo.

Por último, para el momento de la preparación de la ejecución del vuelo, se seguirá un segundo planeamiento de forma que ningún paso sea omitido y se asegure la apropiada puesta en funcionamiento del método de captura de imágenes mediante dron.



**REGISTRO LOCIS-MO-RPA-002: HOJA DE REGISTRO DE OPERACIÓN**

Hoja: 2/2

**2. OPERACIÓN**

Objetivos de la misión

Descripción de la misión

Vuelo	Pixhawk	Arming	Cámara	GPS	Conexión	Puntos de paso	Viento	Hora		Batería		
								Inicio	Fin	Nº	Inicio	Fin

Resultado de la operación / Incidencias

Responsable: \_\_\_\_\_

Firma:

Comprobaciones previas a la misión:

- 1- Comprobaciones en oficina, previas a la salida, referente a la preparación de los materiales que serán necesarios: cargar baterías y otros dispositivos, sincronizar cámara y controladora, guardar el archivo de la misión de vuelo en el ordenador portátil, impreso del formulario de ejecución de vuelo, etc.
- 2- Comprobación antes de salir al campo, de que se llevan todos los elementos necesarios: aeronave con baterías cargadas, mando con baterías cargadas, gafas de visualización, pantalla de visualización (opcional), cámara de fotos, ordenador portátil cargado, misión de vuelo grabada en el ordenador portátil, GPS y controladora, mesa plegable, antena y cable de conexión USB.
- 3- Comprobación in-situ. Una vez en campo inspección visual del terreno, del aparato y calibración del mismo (sólo si se cambia de ubicación o se transporta a otro lugar).

Comprobaciones mientras realizamos la misión. En una tabla previamente impresa, se irán marcando los pasos siguientes a medida que se hacen:

- 1- Conexión de *pixhawk* (controladora) a la batería para encenderla.
- 2- *Arming*: Proceso de toma de datos GPS por parte de la controladora, presionando el botón de activación de la misma para que comience a grabar el archivo log (localización).
- 3- Encendido de la cámara se presiona el obturador para que comience a tomar imágenes cada dos segundos, o según se considere.
- 4- Encender mando.
- 5- Puesta en marcha de aeronave.
- 6- Comprobación de que la aeronave recibe la señal del GPS. Tardará unos segundos, las luces parpadearán en amarillo y estará listo cuando se mantengan verdes.
- 7- Conexión del ordenador a la aeronave mediante el software *Ground Station*, con el que se ha diseñado la misión. Para ello será necesario haber conectado la antena al ordenador portátil mediante la entrada USB.
- 8- Se visualizan y comprueban en el software los “*puntos de paso*” que hemos fijado para la misión. Si todo está correcto lo conectaremos al dron y se pondrá en marcha.
- 9- Para obtener información sobre el estado de la batería del dron, se toma nota del momento de despegue y de aterrizaje, así como del porcentaje de batería en ambos momentos.
- 10- Se tomará nota de las incidencias observadas así como del objetivo de la misión.

### 4.1.3. Procesado de las observaciones.

Una vez llevada a cabo la misión de vuelo, se habrán obtenido dos conjuntos de datos que constituirán el punto de partida del trabajo de gabinete. Por un lado la cámara tendrá almacenadas las imágenes tomadas, mientras que la controladora habrá creado un archivo (formato .log) en el que se encuentran las coordenadas del punto central de cada una de las imágenes tomadas.



Imagen 13: Ejecución misión de vuelo en Tremañes. Elaboración propia.

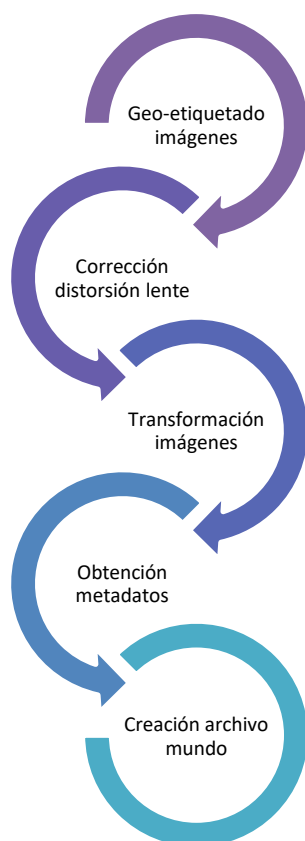


Figura 10: Pasos del protocolo. Elaboración propia.

### 4.1.4. Geo-etiquetado de imágenes.

Como se muestra en la Figura 8, se comienza con el etiquetado de las imágenes con sus coordenadas correspondientes. La forma en la que se relacionará las dos fuentes de información será mediante la hora grabada en cada uno de estos dispositivos. Cada fotografía tiene asignado un momento de captura de la imagen, y lo mismo ocurre con cada coordenada GPS registrada. De esta forma a aquella imagen cuyo instante de toma coincida con el de una medida del GPS, se le asignará automáticamente dichas coordenadas.

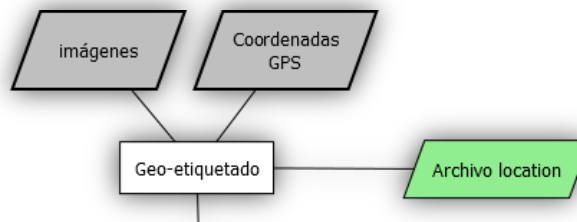


Figura 11: Procesado de las observaciones. Elaboración propia.

Utilizando de nuevo el software *Mission Planner* comenzaremos con el proceso de geo-etiquetado y cuyo primer paso se muestra en la imagen 12. En este momento se introducirá el desfase cámara-controladora (*time offset*), si es que lo hubiere. Este valor será la desviación en segundos existente entre el reloj de la cámara y el de la controladora. Se adjuntará la carpeta de imágenes y el archivo .log con las coordenadas medidas por el GPS.

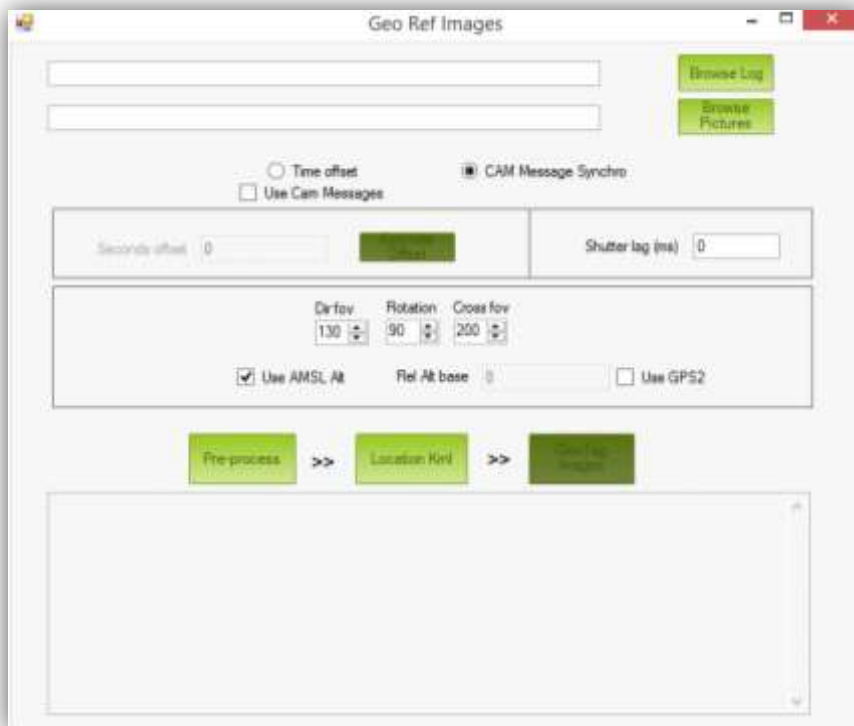


Imagen 14: Geo-etiquetado en Mision Planner.

Terminado el proceso se obtendrán las imágenes geo-etiquetadas en una nueva carpeta. También se creará un archivo de texto en esta misma carpeta, llamado “location.txt” y que presentará para cada imagen los datos medidos por el GPS/controladora:

- Coordenadas geográficas: latitud y longitud
- Altura de vuelo
- Ángulos de giro del dron: dirección (yaw), elevación (pitch), alabeo (roll)

#### 4.1.5. Corrección de las imágenes.

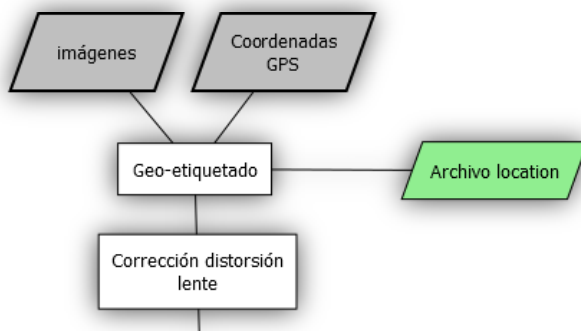


Figura 12: Corrección de imágenes. Elaboración propia.

Las imágenes obtenidas tendrán una estructura determinada según la cámara con la que hayan sido realizadas. En este caso, puesto que se ha empleado una cámara *GoPro* gran angular (ángulo de visión de 170 grados), permite un campo de visión muy grande, pero también produce un efecto en las imágenes denominado “ojo de pez” o “efecto de barril”, que se caracteriza por distorsionar los bordes de la imagen, haciendo que su forma parezca esférica. Puesto que lo que se pretende es georreferenciar las imágenes de forma que puedan visualizarse en un *GIS*, deben corregirse previamente estas distorsiones que dificultarán la visualización.

Para ello se utilizará el software de procesamiento de imagen *GIMP*, con un plugging que permite trabajar con bloques de imágenes llamado *BIMP* (*batch image manipulation*). Se aplicará una corrección de la distorsión de lente que permitirá transformar todas las imágenes geo-etiquetadas anteriormente pero con distorsión de “ojo de pez” a imágenes lo más planas posibles.

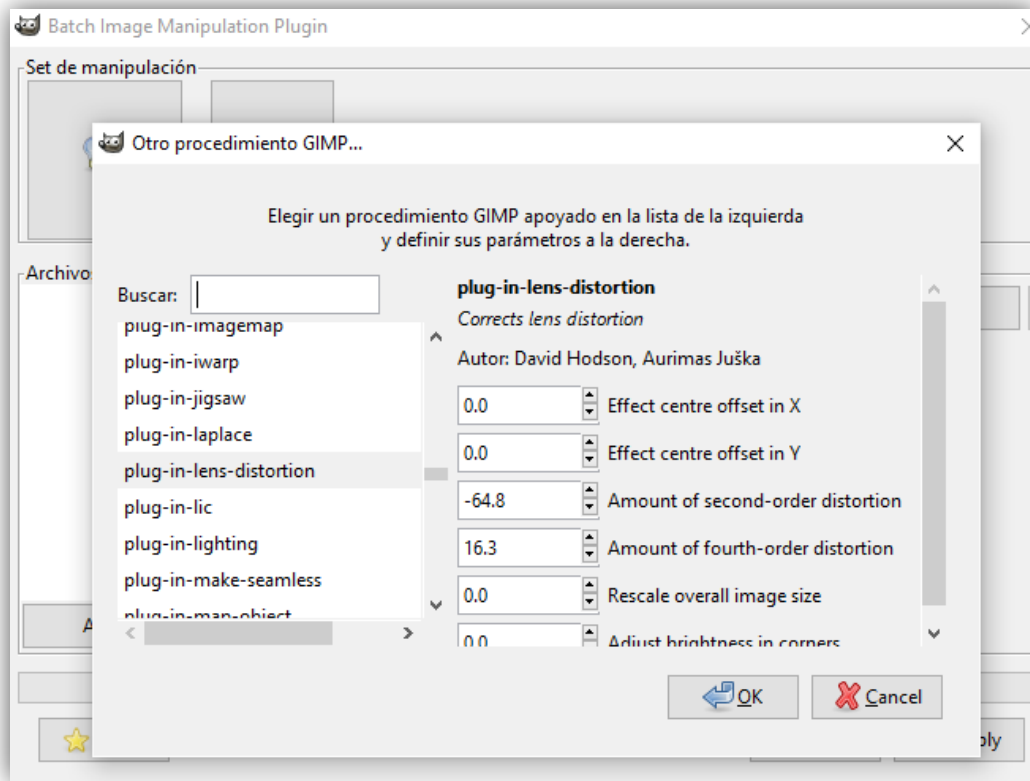


Imagen 15: Procesamiento GIMP de corrección de distorsión de lente.

Los parámetros de distorsión de esta corrección han sido determinados mediante la realización de ensayos sobre una cuadrícula fotografiada con esta cámara, de forma que pudieran transformarse las líneas que aparecían curvas en líneas rectas. Una vez determinados los mejores valores de corrección, se puede guardar el archivo con dichos valores, de forma que pueda utilizarse automáticamente como proceso de corrección de lente.



### 4.1.6. Obtención de metadatos de las imágenes y transformación.

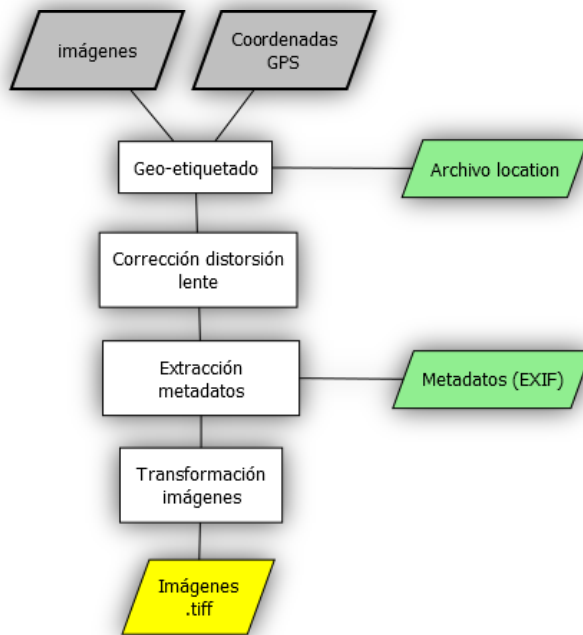


Figura 13: Extracción de metadatos y transformación de imágenes. Elaboración propia.

*Exif (exchangeable image file format)* es la información estandarizada para imágenes digitales, que permite conocer características de la misma en el momento de toma de la misma. Para determinar esta información de las imágenes se utiliza el programa *BR's EXIFextracter*, que extraerá de los archivos dos de los parámetros imprescindibles para el procedimiento: distancia focal (*f*) y ancho y alto de las imágenes en pixels (*WxH*). Se creará un archivo de extensión *.csv* que podrá visualizarse posteriormente en excel, donde se realizarán los cálculos de todo el procedimiento.

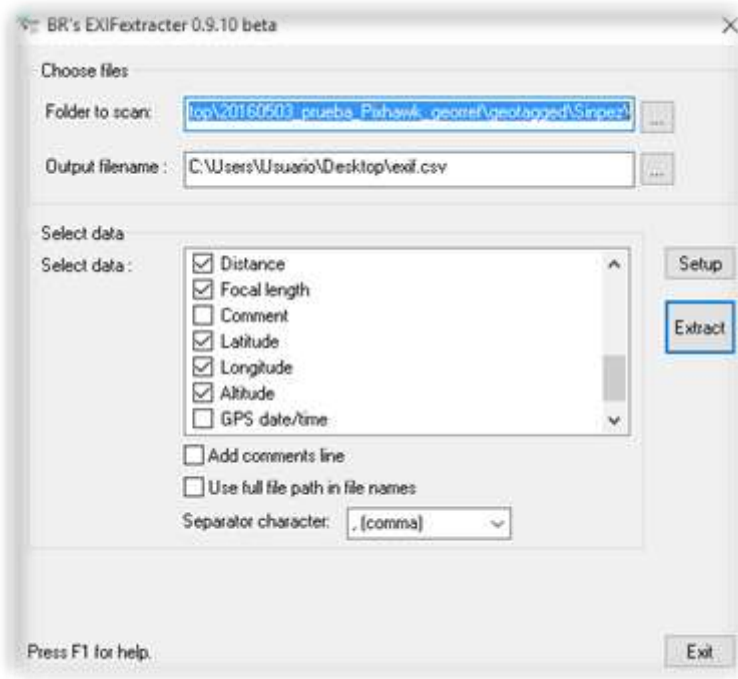


Imagen 16: Captura de pantalla de proceso de extracción de metadatos de imágenes.

De nuevo con el programa *GIMP* se cambia el formato de las imágenes, que han sido primero geo-etiquetadas y luego corregidas por la distorsión de lente que presentaban, a formato *.tiff*. Esta carpeta de imágenes será la que se utilizará en el proceso de georreferenciación y por tanto a las que irán asociados los archivos mundo, uno para cada una de ellas.

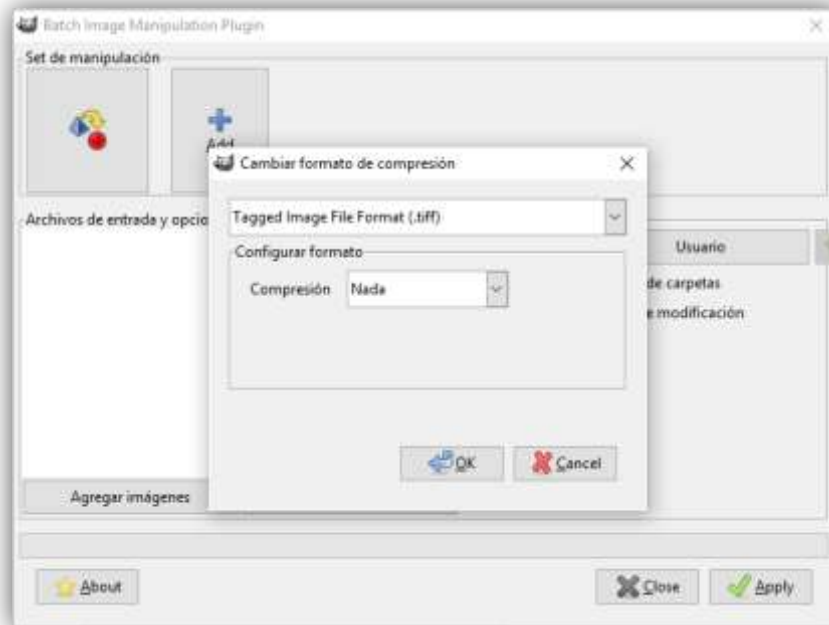


Imagen 17: Procesamiento en GIMP para la transformación de imagen a formato *.tiff*

### 4.1.7. Unificación de metadatos de imágenes y coordenadas del punto central de las mismas.

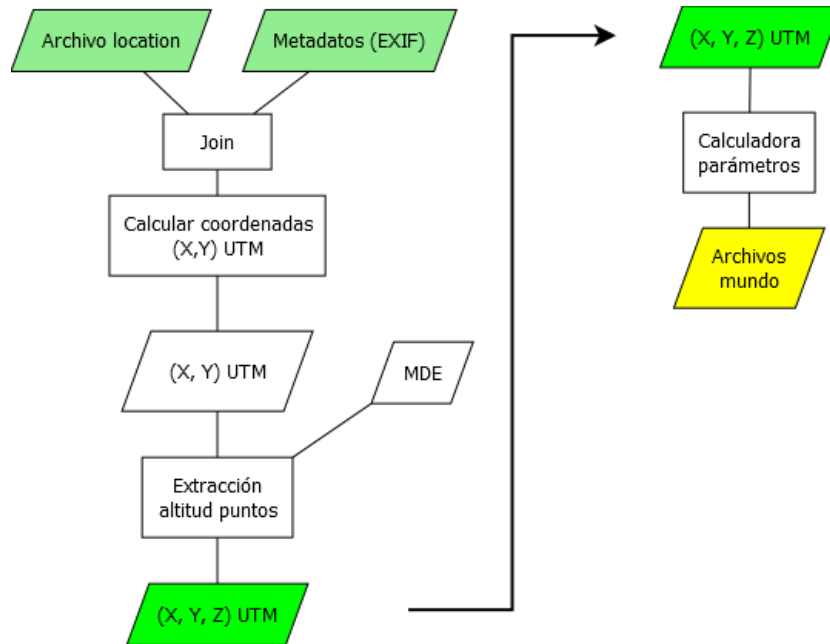


Figura 14: Obtención del archivo mundo. Elaboración propia.

Como se refleja en la Figura 6, para este último procedimiento será necesario recurrir a los dos archivos creados anteriormente:

- Tabla con metadatos de imágenes (*exif*) que consta de los datos: distancia focal, ancho y alto de imágenes en píxeles.
- Archivo de texto “location.txt” generado en el geo-etiquetado de las imágenes, en el que consta el nombre de cada imagen con sus coordenadas de latitud y longitud.

	A	B	C	D
1	!"Filename"	Width	Height	Focallength
2	G0010608.JPG	3680	2760	3
3	G0010609.JPG	3680	2760	3
4	G0010610.JPG	3680	2760	3
5	G0010611.JPG	3680	2760	3
6	G0010612.JPG	3680	2760	3

Imagen 18: Archivo exif.xls de metadatos de imágenes.

	A	B	C	D	E	F	G
1	#name	latitude/Y	longitude/X	height/Z	yaw	pitch	roll
2	G0010608.JPG	43,531079	-5,715389	56,96	325,16	2,26	-2,11
3	G0010609.JPG	43,531082	-5,7153885	61,01	325,14	3,41	-1,13
4	G0010610.JPG	43,531087	-5,7153907	64,92	324,95	4,64	-0,98
5	G0010611.JPG	43,5310881	-5,7153896	68,86	324,91	5,88	-1,29
6	G0010612.JPG	43,5310832	-5,7153822	72,95	324,35	5,09	-3,51

Imagen 19: Archivo location.xls con coordenadas e información de imágenes.

Mediante la herramienta *join* de *ArcMap* se unificarán las tablas de información anteriores, puesto que se relacionan entre sí a través del nombre de las imágenes. De esta forma se obtiene un archivo con toda la información disponible a cada una de las tomas y que corresponde concretamente con el punto central de cada una de las imágenes tomadas. Se realizará una transformación de las coordenadas geográficas medidas por el GPS a coordenadas proyectadas (UTM).

#### 4.1.8. Creación del archivo mundo.

Por último, exportando la tabla creada anteriormente así como las nuevas coordenadas calculadas, se tendrán los datos de partida necesarios para calcular los seis parámetros que configuran el archivo mundo necesario para georreferenciar las imágenes. Estos datos, para cada imagen, serán:

- Nombre de imagen.
- Distancia focal.
- Ancho x alto de imagen en píxeles.
- Coordenadas (X, Y) UTM de punto central de la imagen en metros.
- Altura de vuelo
- Orientación en grados (ángulos *yaw*, *pitch*, *roll*)



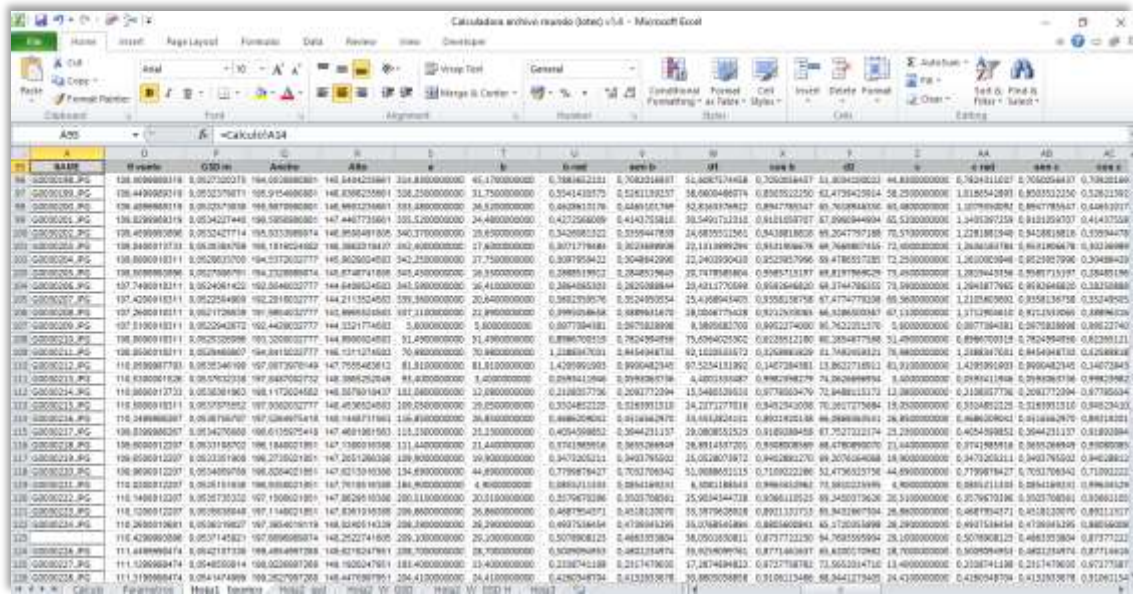


Imagen 21: Captura de pantalla de cálculos intermedios para obtención de los parámetros.

Como se ha mencionado con anterioridad, el archivo mundo corresponde a cada una de las imágenes, por lo que habrá que crear un documento de formato *.tfw* donde aparezcan dichos parámetros en el orden señalado y cuyo nombre coincida exactamente con el de la imagen. De esta forma el software utilizado para ello recurrirá a este *archivo mundo* para determinar la posición exacta de la fotografía.

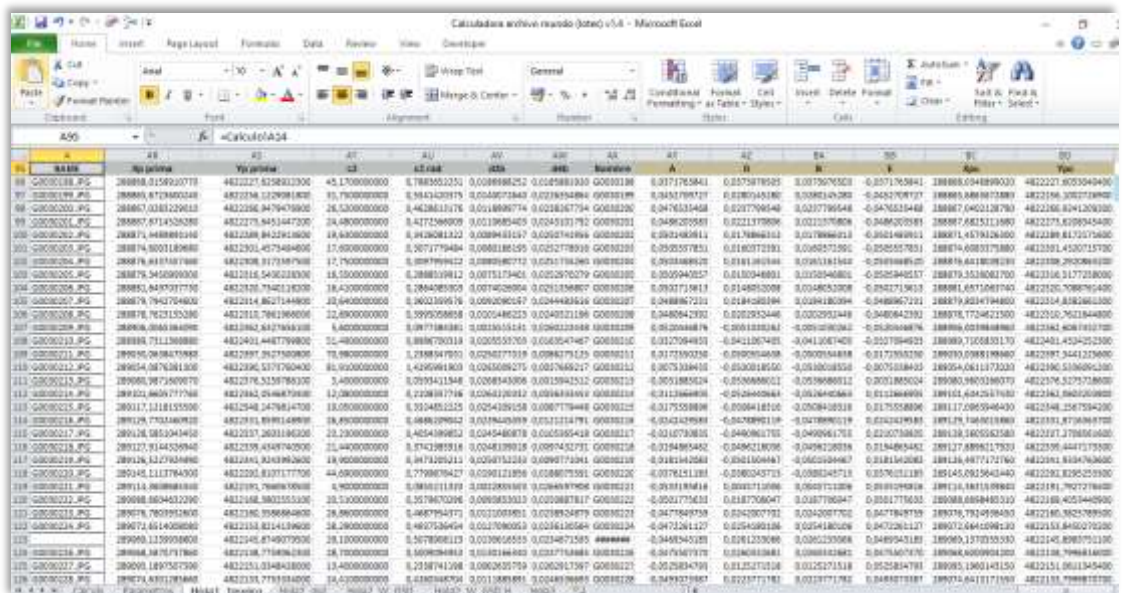


Imagen 22: Captura de pantalla de parámetros del archivo mundo calculados.

El programa utilizado para este proyecto ha sido ArcGis, para el cual en las propiedades de lectura de archivos tipo ráster habrá que indicar que utilice la información facilitada por el *archivo mundo* para la correcta geo-localización de las imágenes. Otros software como *QGIS* no necesitan dicha especificación, pues toman el *archivo mundo* directamente como referencia.



Por último y con la finalidad de facilitar la visualización y comprobar su ajuste a la posición real, se puede tomar de referencia una ortofotografía como las del *Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)* o bien construir una propia a partir de las realizadas en el vuelo. Esta opción se lleva a cabo fácilmente mediante software como *Pix4D*, especializado en la modelización de planos tridimensionales creados a partir de una malla de puntos obtenida de las imágenes aéreas, y que será la que se utilice de referencia en este caso.

## **4.2. Valorar las posibilidades analíticas de las imágenes multispectrales realizadas con drones.**

La integración de una cámara de infrarrojo cercano (IRC) presenta la posibilidad de enriquecimiento de la información capturada desde el aire. Puesto que las imágenes satelitales suelen observarse en combinación de varias capas para generar una vista más completa, no existe gran conocimiento sobre las aplicaciones en la ordenación territorial de una imagen IRC simple.

Por otra parte, el empleo de imágenes satélite para la investigación y monitorización de elementos a escala reducida no suele satisfacer los requerimientos de recubrimiento, puesto que a pesar de poseer una resolución espacial de pocos metros, los pequeños elementos aparecen representados en un limitado número de píxeles en la imagen, lo cual hace imposible su seguimiento (Zang et al., 2012).

El principal uso conocido del rango del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo cercano se centra en el estudio de la vegetación, mediante el análisis del Índice de la Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI). Otros estudios revelan la importancia de estas longitudes de onda para resaltar la humedad del suelo o ausencia de ella (García y Pérez, 2014).

Para poder experimentar la posibilidad de obtener imágenes aéreas en este rango del espectro electromagnético, en el periodo de realización de las prácticas de empresa de quien suscribe, se realizó la transformación de una cámara digital convencional (Canon A-490) a una cámara infrarroja. Para ello se llevó a cabo la extracción del filtro que impide el paso de la luz infrarroja y que se sitúa el interior de todas las cámaras comerciales. Este filtro, denominado IR-Cut, impide el paso de estas longitudes de onda, de forma que a la hora de la toma solo se utilice la información del espectro visible, obteniendo las imágenes normalmente.



Imagen 23: Extracción de IR-Cut e instalación de filtro IR Wratten 87. Fuente propia.

Una vez eliminado este filtro se obtendría una cámara que permite el paso del haz de luz libremente, y que por tanto comprende varias longitudes de onda además de la visible, como son la ultravioleta y la infrarroja. Es por ello que en este punto, la cámara sería de tipo multispectral al ofrecer información de varias bandas. De esta forma, en los canales de salida RGB con esta cámara, se mezclan las ondas de luz visible con las infrarrojas, obteniéndose fotografías como la que se observa en la imagen 24. Lo primero que se aprecia es la variación de color en los elementos vegetales presentes.

Sin embargo debido a la extracción del filtro, las imágenes tomadas presentan problemas de enfoque, puesto que se ha alterado la geometría interna de la cámara y por tanto la impresión de las capturas se ve afectada.



Imagen 24: Captura con cámara sin IR-Cut. Fuente propia.

Puesto que la finalidad era conseguir una cámara de infrarrojo cercano, habría que introducir un filtro en el interior de la cámara que permitiera bloquear el rango de luz visible para permitir sólo el paso de luz infrarroja, comprendida entre 0.7 y 1.3 micrómetros. Para ello se



utilizó un filtro Wratten 87, cuya firma espectral se ve en la imagen 25 y que como se observa, selecciona solo la luz del infrarrojo cercano. Además supone la recuperación del enfoque inicial de la cámara, al sustituir este nuevo filtro al existente al principio, obteniéndose una calidad en nitidez mucho mayor. De esta forma, en los canales RGB de las imágenes obtenidas con esta cámara, se obtendrá exclusivamente información de este rango del espectro electromagnético en cada una de ellas.

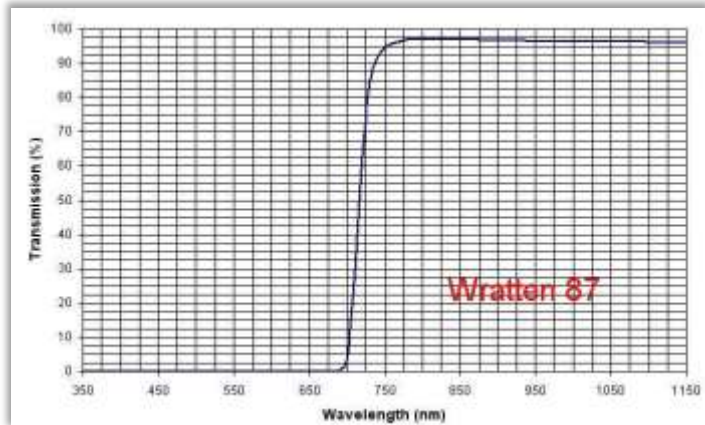


Imagen 25: Firma espectral Filtro Wratten 87. Fuente: <http://kaptery.com>

Con esta última cámara se han llevado a cabo imágenes de prueba con la finalidad de realizar un primer acercamiento a la clase de información que se puede obtener con ella, capturando distintos escenarios con la presencia de diferentes materias y colores. En la imagen 26 se ha fotografiado una abertura de piedra en el que no se aprecia su figura concreta, debido a la presencia de sombras que lo impiden. Sin embargo, en las mismas condiciones lumínicas pero con la cámara infrarroja sí se detecta claramente el fondo plano del orificio.



Imagen 26: Comparación imagen capturada con cámara convencional y cámara infrarroja. Fuente propia.

En la imagen 27 se observa cómo la cámara infrarroja es menos sensible a los reflejos presentes en el agua, lo cual también puede ser de interés en el caso de que se sobre vuele una zona marina o con presencia de agua, donde el reflejo solar puede ser un problema a la

hora de visualizar elementos en el agua. Un ejemplo es el estudio de vertidos contaminantes o fugas en entornos marinos, uno de los usos que la empresa *Locis* pretende dar a esta cámara.



Imagen 27: Comparación imagen capturada con cámara convencional y cámara infrarroja. Fuente propia.

Puesto que, como ya se ha comentado anteriormente, este proceso formaba parte de un proyecto de mayor envergadura y además se encontraba en una fase muy inicial, por el momento y para los resultados de la presente memoria no se alcanzan ideas más concluyentes sobre su interés en la captura de imágenes aéreas.

## Selección de imágenes geo-referenciadas mediante Geo-Vista Aplicación a Polígono Industrial de Tremañes



Ortofotografía vuelo

RGB

Red: Band\_1

Green: Band\_2

Blue: Band\_3

• Puntos centrales de imágenes

Información temática: Locis Sigtech, María Puente Burón.

Elaboración cartográfica: María Puente Burón (2016)



Universidad  
Zaragoza

LOCIS  
SIGTech

Figura 15: Geo-referenciación de imágenes de vuelo mediante proceso Geo-Vista.

Como puede visualizarse, la metodología expuesta permite un cubrimiento de la zona completo y con información de sobra para captar todos los detalles posibles.

Las dos razones por las que se obtiene una gran cobertura en cada una de las imágenes es debido en primer lugar a el establecimiento de un intervalo muy corto de tiempo entre capturas de imágenes (*time lapse*) y en segundo al empleo de una cámara con amplio campo visual como la *GoPro* utilizada. Este tipo de cámara requiere de una corrección de la distorsión producida en las imágenes y que a pesar de la imposibilidad de corregirlas perfectamente, puesto que la deformación de los extremos de las imágenes sigue siendo patente, es aceptable para el procedimiento *Geo-Vista*.

Pese a no conseguir un solapamiento perfecto entre fotografías, se debe recordar que la finalidad de este proyecto es la visualización detallada de información, no la generación de cartografía. La composición expuesta anteriormente supone una muestra del conjunto del área fotografiada, debiendo ser examinadas aquellas imágenes que deseen ser consultadas por contener información de interés. Mediante esta primera cartografía, para la cual sólo se han utilizado 24 imágenes de las 487 obtenidas tras el proceso de selección, se conseguiría una primera toma de contacto e ubicación en el territorio. Con esta observación primera y la información adjunta a cada imagen se podrá recurrir a la carpeta de fotografías una vez ubicada la zona de interés.

## 5. Errores.

Durante el periodo de pruebas realizadas tanto en campo como en gabinete, así como en la última misión de vuelo realizada y cuyos resultados se han presentado en el presente trabajo, se han encontrado varios errores, algunos de los cuales han podido reducirse o eliminarse.

### Posicionamiento

Se aprecian errores de posicionamiento, causados por la precisión de la controladora y el GPS. Sin embargo estos errores son de pocos metros y dado que el propósito del proyecto es de visualización, no supone un mayor problema.

### Orientación

Por otra parte el error en la orientación es variable tanto en magnitud como en sentido. No se ha conseguido establecer una constante de error que pueda ser aplicada homogéneamente, sino que su variación es aleatoria, aunque sí se mantiene invariable en cada tramo de la misión de vuelo, puesto que el sentido y dirección de la aeronave es constante para cada uno de ellos. Se ha observado que cuando se produce un giro para llevar a cabo otra línea de tomas de imágenes, esta orientación cambia y también el valor y sentido del error. Es por ello que hasta ahora ha sido necesario determinar esta desviación en la orientación para cada uno de los tramos de las misiones realizadas.

### Ground Sample Distance (GSD)



Por último, el cálculo del *GSD* corresponde al tamaño del píxel en la imagen. El método teórico, empleando el MDE para determinar la altura de vuelo para cada punto, a partir de la grabada por la controladora y restándole el valor de altitud en cada uno de los puntos, no genera buenos resultados en un caso como este, en el que las altitudes de los puntos son variables. Resulta más sencillo aplicarlo a aquellos terrenos planos donde la variación de altura es pequeña y por tanto puede mantenerse el mismo *GSD* prácticamente para toda el área.

Esta variabilidad de altitudes entre los puntos de una misma imagen también supondrá una alteración de la escala, que podrá comprobarse con la observación de los distintos elementos presentes en las fotografías.

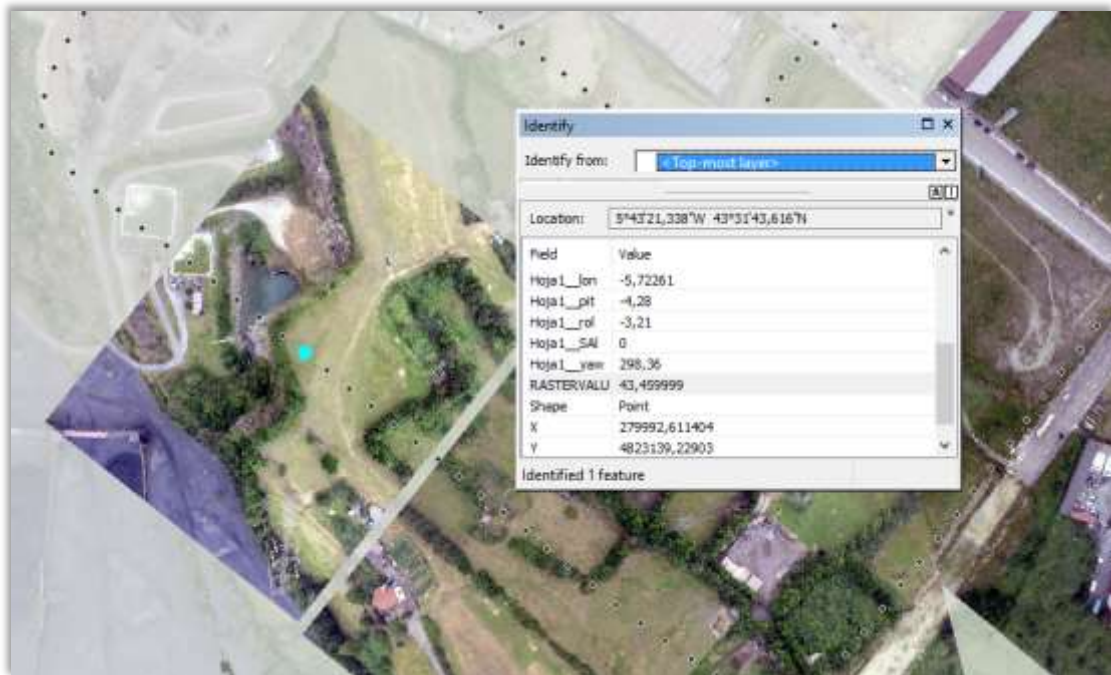


Figura 16: Detalle del cálculo de *GSD* según el valor de altitud. Elaboración propia.

El ejemplo que se expone en la captura corresponde a un caso de este tipo. Puesto que el *GSD* depende directamente de la altura de vuelo del punto central de la imagen y ésta a su vez del valor de altitud obtenido del MDE ("*RASTER\_VALUE*"), es evidente que el *GSD* variará del punto central de la foto, utilizado para la georreferenciación de la imagen, con respecto a otros puntos de la misma. En el caso que se observa en la figura, el punto central tiene una altitud de 43.5 metros, sin embargo los puntos del borde de la imagen tienen aproximadamente unos 30 metros menos. Es por ello que puede captarse la diferencia entre estos elementos de la periferia de la imagen, reflejados en distinta posición y tamaño en la ortofotografía general.

Debe tenerse en cuenta, a la hora de examinar la apariencia de cada una de las fotografías, que siempre existirá una distorsión más o menos evidente en sus extremos, debido a la lente de la cámara utilizada.

Por tanto puede ratificarse que este método no es óptimo para realizar cartografía ni tampoco para llevar a cabo mediciones de ningún tipo. A pesar de ello, los errores obtenidos no

entorpecen en mayor medida el propósito final de *Geo-Vista*, que es la visualización del estado de la superficie observada.

## 6. Propuestas de mejora

Tras descubrir los errores presentados anteriormente, se han aplicado una serie de mejoras que han ayudado a su reducción o incluso eliminación en algunos casos.

### Sincronización cámara-controladora

En un primer momento el mayor problema lo constituía la desincronización de la cámara y la controladora. Puesto que la forma de interrelacionar la información adquirida por ambas se basa en el momento de toma de cada una de las observaciones, es esencial que ambos dispositivos funcionen con el mismo reloj, de forma que la exactitud de sus horas de toma sea coincidente. Para ello se actualizó el *firmware* de cada uno de los dispositivos de forma que fuera posible su sincronización automática con el reloj del ordenador de trabajo. De esta forma, previa a la salida al campo para llevar a cabo la misión que corresponda, se deben conectar ambos aparatos al ordenador y en pocos segundos estarán listos para trabajar adecuadamente. Así se asegura una sincronización casi perfecta o con pocos segundos de desfase.

Sin embargo, aunque cámara y controladora estén sincronizadas, no se comunican entre sí. Uno de los objetivos que se plantean es que a través de la controladora sea posible dirigir la cámara, de forma que pudiera ponerse en marcha una vez el dron ha alcanzado la altura de vuelo, y no cuando aún está en tierra. A pesar de no suponer mayor problema, con esta mejora se haría un uso más óptimo de la batería de la cámara y no sería necesario llevar a cabo una primera limpieza de aquellas imágenes capturadas en el proceso de elevación y aterrizaje del dron, y que no son válidas para el trabajo.

### Cálculo GSD

Para corregir este error se ha determinado una constante a partir de los valores originales de GSD y los ideales, que aplicada al cálculo teórico permite obtener valores muy aceptables. De esta forma no es preciso corregir los cálculos de forma individual por tramos, sino que puede emplearse para todo el vuelo.

### Posicionamiento

Puesto que se conocen los errores en posicionamiento cuyo origen posiblemente se encuentre en el GPS conectado a la controladora, podría implementarse un GPS/magnetómetro de alta precisión de forma que mejorara ampliamente todo el proceso de georreferenciado de las imágenes. Otra forma de obtener coordenadas más precisas sería mediante el empleo de puntos de apoyo medidos con receptor GPS convencional que apoye el proceso de georreferenciación de las imágenes.

### Orientación



Este error es el más complejo y que más problemas presenta, sin embargo hasta el momento se desconoce la causa del error y por tanto la única solución que por el momento podría tenerse en cuenta sería probar con otro dispositivo que permita obtener esta clase de observaciones.

#### Calculadora archivo mundo

El proceso de cálculo de los parámetros de geo-posicionamiento es rápido y fácil de llevar a cabo. Sin embargo, la creación del archivo mundo a partir de los mismos es larga y tediosa, puesto que supone copiar manual e individualmente cada conjunto de valores para cada una de las imágenes. La automatización del proceso de creación del archivo mundo agilizaría enormemente el procedimiento de georreferenciación, y es una de las principales prioridades en el futuro del proyecto.

#### Intervalo de toma de imágenes

Actualmente se capturan imágenes cada dos segundos, obteniendo una cobertura holgadamente suficiente, incluso excesiva. Podría ampliarse el intervalo de tomas, de forma que se obtuviera menor número de fotografías y que de igual forma reducirían el gasto de autonomía de la cámara así como el tiempo de realización del geo-referenciado, puesto que al aumentar la cantidad de imágenes lo hace también el tiempo de procesamiento de las mismas.

## 7. Valoración personal

La valoración personal que hago, en primer lugar, de las prácticas de empresa en *Locis* es muy positiva, puesto que me ha permitido realizar mi primera experiencia laboral relacionada con mis estudios tanto en Ordenación Territorial como en topografía. Además, he podido conocer el funcionamiento de una pequeña empresa que se abre camino en proyectos de Investigación y Desarrollo (*I+D*) y en el uso de tecnologías tan novedosas como son los *UAV*. He podido desenvolverme no sólo en lo que a trabajo de oficina se refiere, sino que también he participado muy activamente en trabajos de campo o en el proceso de desarrollo de nuevos proyectos mediante mi asistencia en las reuniones del equipo técnico, aportando ideas y opiniones. Del mismo modo he podido acompañar al equipo a alguno de los eventos de *networking* creados en nuestro área de trabajo, de forma que he conocido el funcionamiento de esta clase de reuniones en las que lo primordial es dar a conocer la empresa así como establecer contactos para posibles colaboraciones en el futuro.

Para ello me han sido de utilidad los múltiples conocimientos adquiridos durante mis estudios de Máster en Ordenación Territorial y Medioambiental de la Universidad de Zaragoza. Más concretamente aquellos relacionados con las asignaturas:

- Cartografía y nuevas tecnologías para la ordenación territorial y medioambiental
- Cartografía aplicada a la resolución de problemas ambientales
- Ordenación territorial y medioambiental
- El diseño de la planificación: elementos y métodos

En segundo lugar, en cuanto al trabajo específico al que me he dedicado principalmente y que ha sido al desarrollo del producto *Geo-Vista*, estoy ampliamente satisfecha no sólo con el trabajo y esfuerzo personal realizado sino también por todo lo aprendido de forma autodidacta así como con ayuda de mis tutores. Considero que es un proyecto novedoso, puesto que hasta ahora la geo-referenciación de imágenes se realiza de forma individual, no siendo posible llevarlo a cabo en lotes. De esta forma los trabajos relacionados con la Ordenación Territorial y otras ciencias de estudio del espacio geográfico pueden reducir el tiempo invertido en la obtención de esta información física visual. El procedimiento expuesto en *Geo-Vista*, como ya se ha explicado, se culminará con su integración en un pequeño programa que permita automatizar todo el proceso desarrollado íntegramente en *Locis*, de forma que pueda incorporarse en un *Sistema de Información Geográfica* o bien convertirse en una aplicación anexa al proceso de visualización.

Por último, el segundo proyecto en el que he colaborado, de creación de una cámara infrarroja a partir de una cámara digital común es un trabajo sin duda muy ambicioso e interesante. Mi trabajo constituye el punto de partida de desarrollo del mismo, pues me he encargado de recopilar información sobre el uso de este tipo de cámaras en la obtención de imágenes mediante UAV así como del complejo proceso de conocimiento, manipulación y modificación interna de una cámara de fotos para su conversión a una cámara infrarroja.

## 8. Conclusiones

De lo expuesto anteriormente y concretamente sobre el proceso *Geo-Vista* se destacan una serie de observaciones en cuanto a su funcionamiento y manipulación. En las propuestas de mejora ya se han alcanzado grandes avances para la manipulación de este tipo de trabajos, sin embargo todavía deben determinarse y corregirse otros errores que suponen un problema que influye especialmente en el tiempo de dedicación al post-procesado de las observaciones. En la actualidad a pesar de estos inconvenientes, invirtiendo en mayor tiempo de corrección de forma manual se pueden llegar igualmente a resultados óptimos. Pero como bien es sabido, cuanto mayor son los tiempos de trabajo, mayores son los costes.

- **Orientación.**

Esto supone uno de los principales objetivos a mejorar en el futuro, pues es el que presenta mayores problemas y del que además no se ha averiguado el origen del error. Las consecuencias es que alargan y dificultan el post-procesado de geo-referenciación de las imágenes, que en realidad, si no surgen problemas en el proceso, no supone más de una hora de trabajo.

- **Relación numérica lineal entre el GSD teórico y el óptimo.**

Gracias a la deducción de una constante de error derivada de las múltiples pruebas realizadas, ha conseguido determinarse una constante que aplicada al procedimiento de cálculo permita corregir este error en el GSD, que influye sobre la escala y el posicionamiento de cada una de las imágenes.

Se concluye que Geo-Vista es actualmente una herramienta útil para obtener una visión orientativa de la situación presente de un área de mediana o gran extensión. No precisa de un tiempo de trabajo excesivamente extenso, haciéndola apta para su uso aun cuando parte del proceso está pendiente de ser automatizado.

Presenta un error relativamente grande de posición entre los objetos reflejados en la foto y los de la ortofoto del PNOA. Esto es debido a la acumulación del error de coordenadas, junto con el error de orientación y la inexactitud del cálculo del GSD. No obstante este error no interfiere con la vocación original de la herramienta, que es la de proporcionar información acerca del estado actual de una superficie; no resultando útil para cartografía o para mediciones.

Puesto que su finalidad más inmediata es la visualización de elementos en el entorno observado, las aplicaciones en estudios de ordenación territorial son múltiples. En especial aquellas observaciones que requieran de un seguimiento periódico y con mayor nivel de detalle del que se puede obtener de imágenes aéreas o satelitales, tales como por ejemplo:

- Seguimiento de zonas incendiadas
- Evolución del crecimiento de una obra de construcción de infraestructuras
- Seguimiento de explotaciones agrarias
- Etc.

Dada la rapidez de las capturas así como del procesamiento de las mismas y sobre todo una vez introducidas las mejoras comentadas anteriormente, es un proceso económico y rápido, cuyo mayor inconveniente estará fijado por el desplazamiento a la zona de estudio.

Con la continua mejora y desarrollo de esta clase de dispositivos, crece también la posibilidad de acceso a los mismos, de forma que en un futuro no muy lejano sea usual encontrar esta clase de dispositivos sobrevolando zonas de estudio de forma ágil y económica.

## 9. Bibliografía

- Aeroproduccions. 2012. *Producción Cartográfica Con UAV: Anfiteatro De Tarragona*.
- Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), 2016. Gobierno de España: Ministerio de Fomento.
- Agencial Local de Promoción Económica y Empleo., 2003. *Potencialidad De La Zona Rural Gijonesa, Enfoque Empresarial y De Empleo*. Ayuntamiento de Gijón.
- AYANA, E., 2015. *Field Test: Can we use Drones to Monitor Water Quality?* Cool Green Science: Disponible en: <http://blog.nature.org/science/2015/11/05/drones-in-the-field/>
- Ayuntamiento de Gijón. *Plan General De Ordenación De Gijón. Síntesis Del Documento De Prioridades*, Septiembre 2014.
- Boletín Oficial del Estado (BOE), 2014. *Ley 18/2014, de 15 De Octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia*. Gobierno de España.
- CÁNOVAS, F. and ALONSO, F., 2014. *Comparación De Técnicas De Fusión En Imágenes De Alta Resolución Espacial*. Revista internacional de ciencia y tecnología de la información geográfica.
- Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo., 1987. *Nuestro Futuro Común*.
- CUERNO, C. et al., 2015. *Los Drones y Sus Aplicaciones a La Ingeniería Civil*. Fundación de Energía de la Comunidad de Madrid, Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid.
- Drone & GIS., 2014. *Levantamiento De Fotografía Aérea y Productos Derivados Del Sitio Patrimonial Arqueológico Del Cerro Puñay*. Quito (Ecuador). Disponible en: <http://dronegis.com.ec/assets/reporte-punay.pdf>.
- El Comercio., 2015. *Evolución De La Población De Gijón Por Barrios y Parroquias*.
- FIGAREDO, A., 2015. *Tecnologías Drone*. Escuela de Ingenieros Militares, Bogotá.
- GARCÍA, M.P. y PÉREZ, M.E., 2014. *Análisis Multitemporal Del Urbanismo Expansivo En El Corredor Del Henares. Aportación De Las Imágenes De Satélite*.

- Instituto Geográfico Nacional. Especificaciones Técnicas De Vuelos Fotogramétricos. Plan Nacional de Observación del Territorio. Disponible en: <http://pnoa.ign.es/vuelo-fotogrametrico>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática de México., 2016. *Imágenes De Satélite. Landsat: Generalidades*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/landsat.aspx>
- Instituto Tecnológico de Galicia., 2016. *Dudas Habituales: ¿Dron, RPA, UAV?* Disponible en: [http://www.itg.es/?page\\_id=14762](http://www.itg.es/?page_id=14762)
- MARCOVECCHIO D.G. et al. *Ortomosaicos Utilizando Imágenes Aéreas Tomadas Por Drones y Su Aplicación En La Agricultura De Precisión*.
- MORALES, A., 2016. *Ejemplos De Uso De Drones En GIS*. Mappingis. Disponible en: <http://mappinggis.com/2014/09/ejemplos-de-uso-de-drones-en-gis/>
- OBESO, I., 2015. *La Revisión Del Planeamiento De Gijón: Ordenación y Transformación*. Universidad de Oviedo.
- SEGEPLAN, G., 2011. *Guía Para La Elaboración Del Plan De Ordenamiento Territorial Municipal. Gobierno de la República de Guatemala*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN).
- SILVA, I. y SANDOVAL, C., 2012. *Metodología Para La Elaboración De Estrategias De Desarrollo Local*. Santiago de Chile.
- TAPIADOR, F.J. y CASANOVA, J.L., 2001. *Aplicaciones De La Fusión De Datos En Ordenación Territorial*.
- The International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), 2014. *Observación Aérea De Derrames De Hidrocarburos En El Mar*.
- VERA, J.M. *Cuál Es La Diferencia Entre Un Drone, Un UAV y Un RPA*. One Magazine, 10 Octubre 2013. Disponible en: <http://www.onemagazine.es/noticia/14713/industria/cual-es-la-diferencia-entre-un-drone-un-uav-y-un-rpa.html>
- WARREN, J., 2016. *Near-Infrared Camera*. The Public Lab. Disponible en: <https://publiclab.org/wiki/near-infrared-camera>
- ZANG, W. and et al., 2012. *Investigating Small-Scale Water Pollution with UAV Remote Sensing Technology*. China.

