



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

SECRETARÍA GENERAL
DE AGRICULTURA
Y ALIMENTACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE DESARROLLO RURAL, INNOVACIÓN
Y FORMACIÓN AGROALIMENTARIA



JORNADA DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DRONES Y BIM

USO DE LOS RPAS EN EL CONTROL Y MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS

CARLOS ANTONIO PUIG MENGUAL

Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructuras Rurales



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

SECRETARÍA GENERAL
DE AGRICULTURA
Y ALIMENTACIÓN

DIRECCIÓN GENERAL
DE DESARROLLO RURAL, INNOVACIÓN
Y FORMACIÓN AGROALIMENTARIA

aerocamaras
ESPECIALISTAS EN DRONES

CURSO INTERNACIONAL EN DISEÑO, GESTIÓN E INNOVACIÓN EN REGADÍO

USO DE LOS RPAS EN EL CONTROL Y MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS

CARLOS ANTONIO PUIG MENGUAL

Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructuras Rurales



La agricultura y su importancia en España

El sector de la agricultura en España en 2020 experimento una subida del 4,7 % en su PIB según datos Eurostat.

El sector agrario en España se define como sector estratégico por la repercusión y calado que presenta desde el punto de vista económico, social y medioambiental.

Además la gran diversidad presente en las explotaciones agrícolas y su calidad junto con el grado de desarrollo, innovación y tecnificación de las mismas la convierte en un sector clave.

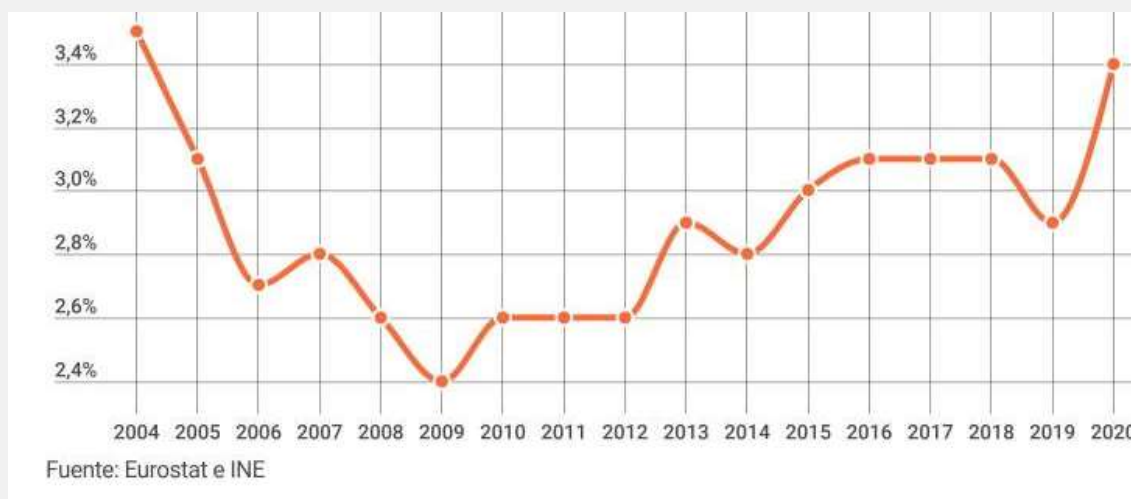




La agricultura y su importancia en España

En 2017, el sector agrario empleó solo de forma directa a más de 749 mil personas, generando una producción vegetal de más de 25.300 M€ en ingresos. Con unas exportaciones agrícolas de 17.430 M€, contribuyó a mejorar la balanza comercial española en 6.555 M€, según fuentes del INE y Eurostat.

Además, España es el país con mayor proporción de PIB agrario y con más diversidad agrícola de la Unión Europea.





La agricultura y su importancia en España

En España contamos con grandes producciones agrícolas tanto de secano como de regadío:

Cultivos de Secano	Cultivos de Regadío
Trigo	Naranja
Avena	Mandarina
Almendra	Limón
Algarroba	Pomelo
Girasol	Arroz
Pistacho	Caqui
Viña	Viña
Olivo	Olivo



La agricultura y su importancia en España

En 2019 España produjo en explotaciones agrícolas tanto de secano como de regadío cantidades como:

- 9,8 millones de toneladas de [aceitunas](#) (mayor productor del mundo)
- 9,1 millones de toneladas de [cebada](#) (quinto productor mundial)
- 7,9 millones de toneladas de [trigo](#) (19º productor mundial)
- 6,6 millones de toneladas de [uva](#) (cuarto productor mundial, detrás de China, Italia y Estados Unidos)
- 4,7 millones de toneladas de [tomate](#) (octavo productor mundial)
- 3,6 millones de toneladas de [naranja](#) (sexto productor mundial)
- 1,9 millones de toneladas de [mandarina](#) (segundo productor más grande del mundo, solo detrás de China)
- 1,4 millones de toneladas de [avena](#) (tercer productor mundial, solo detrás de Rusia y Canadá)
- 1 millón de toneladas de [limón](#) (séptimo productor mundial)
- 950 mil toneladas de [girasol](#) (undécimo productor mundial)
- 492 mil toneladas de [caqui](#) (segundo productor mundial, solo detrás de China)



Necesidades y características del cultivo de regadío

El cultivo de regadío requiere de importantes cantidades de agua continuadas en el tiempo para su correcto desarrollo.

Esta característica fundamental de este tipo de cultivo requiere la instalación de infraestructuras de transporte y diversos elementos tecnológicos, como acequias, canales de riego, aspersores o sistemas digitales de control de riego, entre otros.

Este hecho implica una gran inversión económica, por lo que un control y monitorización del desarrollo de las explotaciones agrícolas es necesario para ser competitivos y optimizar los recursos.



Necesidades y características del cultivo de regadío

A diferencia de los cultivos de secano que solo se basan en el agua de lluvia como aporte de agua, las explotaciones de regadío presentan distintos tipos sistemas de canalización del agua como pueden ser:

- **Drenaje**, canalización del agua para conseguir su mejor aprovechamiento
- **Aspersión**, genera un efecto parecido a la lluvia dispersando gotas de agua para su posterior infiltración en la tierra
- **Goteo**, distribución del agua a través de los agujeros de una tubería situada encima o debajo de la tierra
- **Surcos**, aprovechamiento de la morfología de tierra para distribuir el agua entre todos los cultivos produciendo la inundación en bancales



Necesidades y características del cultivo de regadío

La elección y explotación agrícola de un tipo de cultivos de regadío u otro debe tener en cuenta también diferentes aspectos como son:

- La **topografía del terreno**. Es decir, la existencia de pendientes, caminos, acequias, así como la longitud y anchura de la parcela.
- Las **características del suelo**, sobre todo su capacidad de retener el agua.
- El **cultivo** que se quiere desarrollar, y su **necesidad de agua** para desarrollarse.
- El **acceso** a la cantidad suficiente de **agua**, y a un **precio** razonable.
- La **calidad del agua**, que puede determinar incluso los componentes a usar en una instalación de riego y su coste final, tanto a nivel de instalación como de mantenimiento.
- El efecto en el **medio ambiente**, sobre todo en la posible erosión del suelo.



Elementos a controlar y monitorizar

La optimización de los procesos que se desarrollan en las explotaciones agrícolas y el control de la calidad y precisión de los mismos se basa en varios factores:

- El estudio morfológico y litológico del terreno a cultivar
- El control de la red de canalización y difusión del regadío en los cultivos
- La monitorización del estado vegetal y vigor vegetativo de la planta
- La caracterización de la presencia de posibles plagas o afecciones en la planta
- El abono y suministro de productos necesarios para el correcto desarrollo del cultivo
- El seguimiento y alarma derivado de posibles efectos de precipitaciones o heladas



Estudio morfológico y litológico

El suelo considerado como el espacio donde nacen y crecen las plantas se debe entender como un ecosistema formado por distintas partes bien diferenciadas que constituyen la estructura del medio agrícola siendo la base para la vida de las plantas y fuente fundamental de elementos nutritivos.

Es por ello que el factor físico tiene especial relevancia en los suelos cultivados de forma intensiva. El agua constituye el principal factor implicado en la ruptura de los agregados del suelo, ya sea por medio la lluvia o por sistemas de riego artificiales.

La definición de estas características así como la extensión de terreno y la orografía de la explotación son clave a la hora de ser óptimo en la explotación agrícola.



La red de canalización y difusión del regadío

El aumento de la demanda de agua debido a la tendencia al alza de las explotaciones de cultivos de regadío así como por la componente medio ambiental que plantea, el aprovechamiento y control del consumo de agua es necesario para un futuro sostenible y productivo.

Controlar las instalaciones y sistema de transporte y difusión del agua en los cultivos es una actividad esencial para el correcto desarrollo de la explotación agrícola así como asegurar su producción futura y la optimización de recursos.





Estado vegetal y vigor vegetativo de la planta

El control del estado de la planta teniendo en cuenta sus propiedades biológicas y químicas es un requisito indispensable para la obtención de una mayor producción y de mejor calidad.

La capacidad de integrar sistemas de análisis y la monitorización de este tipo de condicionantes es clave a la hora de producir de forma eficiente y mejorando los ratios de calidades y cantidades.

Saber como siente y padece la planta, tanto la hoja, la flor o el fruto, nos ayudará a determinar medidas de mantenimiento y/o mejora de cada individuo obteniendo máxima rentabilidad al menor coste e inversión de recursos, garantizando siempre el mejor producto.





Presencia de posibles plagas

Cada vez más los cultivos extensivos de una misma variedad de cultivo traen consigo la proliferación y difusión de plagas o enfermedades en las regiones expuestas a ello.

La temprana identificación de la presencia de estos condicionantes nocivos para el desarrollo vegetal del cultivo son garantía de su control, definición y erradicación minimizando el coste posible al resto de la explotación.

Además de la rápida acción de definición y sectorización de su presencia, la posibilidad de caracterizar la afección en si facilita el desarrollo de las medidas mitigadoras de sus efectos





El abono y suministro de fitosanitarios

La aplicación de abonos y productos fitosanitarios es clave para el desarrollo de las distintas fases de madurez de la planta en cualquier tipo de cultivo.

La caracterización y división de las explotaciones agrícolas en sectores según sus características o necesidades permite la difusión concreta de estas sustancias y productos y permite la optimización de su uso, lo cual implica una reducción de costes y un menor impacto medioambiental.





Efectos de precipitaciones o heladas.

Los condicionantes meteorológicos se presentan con un factor clave en la conservación y producción en las explotaciones agrícolas debido a su grado de exposición a los mismos.

La previsión de estos sucesos y la definición de las medidas correctoras apropiadas en función del estado del cultivo en cada fase de su vida vegetal es clave para la defensa de los intereses de la explotación.

Tras un evento adverso, la correcta caracterización y clasificación de la situación del cultivo nos permitirá dar pie a las medidas correctivas y remediar los procesos nocivos ocasionados.





Técnicas clásicas

Tradicionalmente a la hora de tener en cuenta y monitorizar los condicionantes más importantes de las explotaciones agrícolas se han empleado técnicas tales como:

- Levantamientos topográficos mediante técnicas clásicas y catas litológicas
- Pulverización masiva de productos fitosanitarios
- Inspección sobre el terreno de los cultivos
- Utilización de productos cartográficos mediante vuelos de avión o satelitales



Levantamientos topográficos

Mediante instrumentación topográfica se consigue medir las extensiones de las parcelas así como sus características morfológicas tales como orografía, pendientes, etc.

Así mismo mediante catas en el suelo se podía identificar las características litológicas del suelo y sus implicaciones para con el cultivo.





Pulverización de productos fitosanitarios

A través de un vuelo con avioneta o por medio de sistemas terrestres, todos ellos con un gran sistema de almacenamiento de líquidos incluido, se realiza una pulverización masiva a los cultivos en cuestión.

Este tipo de pulverización conlleva una sobredimensión de las sustancias a aplicar y un defecto en la optimización de los procesos. Además perjudica en mayor medida al medio ambiente y el impacto y consecuencias sobre el mismo.





Inspección sobre el terreno

La revisión sobre el terreno, el poder trasladarse in situ en la zona de cultivos y la experiencia y buen hacer tradicional son elementos clásicos en la caracterización del estado y calidad de la producción en las explotaciones agrícolas.

Los tiempos necesarios y el coste humano requerido hacen en muchas situaciones prohibitivo y no posible de realizar en su totalidad perdiendo información y perjudicando los resultados finales.





Uso de cartografía aérea y/o satelital

La posibilidad de emplear recursos cartográficos es decisivo a la hora de tomar información masiva y desde una perspectiva general. El uso de sensores nos permite recoger información de distintas regiones del espectro electromagnético ya sea por medio de aviones o bien por satélites.

Esta información se plantea como un producto costoso y de resoluciones bajas y de poco aprovechamiento debido al defecto en el ajuste y fiabilidad con respecto a la realidad que los cultivos presentan.





Nuevas tecnologías. Drones

Los drones se presentan como una herramienta versátil y multidisciplinar que permite ser integrada en diferentes flujos de trabajo aplicados a distintos ámbitos profesionales.

La capacidad de los drones de aerotransportar prácticamente cualquier tipo de sensor les confiere una gran potencia en la captura de información masiva.

La posibilidad de aprender y estar formado en metodologías y técnicas de captura y tratamiento de la información a partir de esta nueva disciplina abre un nuevo ámbito para la profesionalización de expertos en la materia



Normativa Actual

El organismo encargado de regular el uso de drones en nuestro país es la **Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA)**. Además, se encarga de todo lo que concierne a Navegación y Transporte Aéreos, así como a la Seguridad Aeroportuaria.

La normativa en vigor en España en materia de drones son **Reglamentos Europeos RE 2019/947 y RD 2019/945**. Además, el **Real Decreto 1036/2017**, de 15 de diciembre, que modifica el **RD 552/2014**, de 27 de junio, continua vigente de forma transitoria hasta el 1 de enero de 2022.



Normativa Actual

- El dron, siempre al alcance visual del piloto (excepto en categoría específica bajo STS BVLOS).
- Nunca sobrepasar los 120 m de altura en vuelo.
- No volar en un mínimo de 8 km de cualquier aeropuerto, aeródromo o espacio aéreo controlado.
- El piloto será el responsable de los posibles daños que cause la aeronave.
- El dron deberá llevar una placa identificativa ignífuga fijada en la estructura que contendrá datos como el nombre del fabricante, el modelo, número de serie (si corresponde) y los datos de contacto del piloto.
- Proteger el derecho a la intimidad de los individuos que pudieran aparecer en las imágenes captadas por el dron, y tener especial cuidado con su divulgación pública para no vulnerar la Ley de Protección de Datos.



Tipos de drones y sensores.

Drones de Ala fija. Son aeronaves que **poseen un perfil alar** que permite que la aeronave pueda moverse a través del aire y sea capaz de generar fuerzas sustentadoras para mantenerse en el aire. Este tipo de drones tienen una estética muy similar a los aeromodelos de radiocontrol.

La principal característica de este tipo de drones es la **gran autonomía que nos ofrecen** ya que pueden estar volando varias horas gracias a su eficiencia aerodinámica. Los drones de ala fija son **ideales para mapear grandes superficies de terreno** ya que con una única batería se cubren grandes extensiones de terreno. Por este motivo son drones muy utilizados en trabajos de agricultura de precisión y de fotogrametría para grandes extensiones a mapear.





Tipos de drones y sensores.

Drones de ala rotatoria/multirrotores. Son los drones más extendidos y más utilizados por los profesionales del sector.

La principal diferencia de los multirrotores con respecto a los drones de ala fija radica en la forma en la que consiguen mantenerse en el aire. Mientras que los drones de ala fija consiguen la sustentación a través de su perfil alar, los multirrotores **generan la sustentación a través de las fuerzas que generan las hélices de sus rotores.**



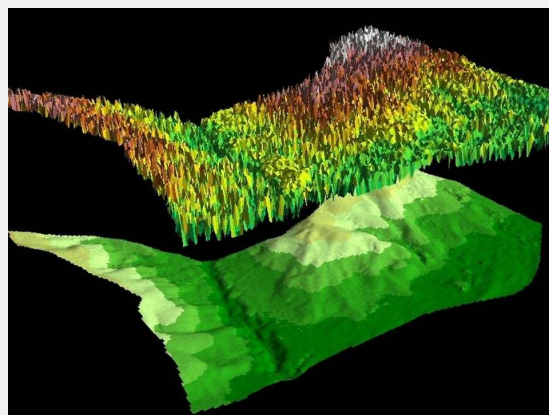


Tipos de drones y sensores.

Cámaras RGB. Permiten el mapeado del terreno y la creación de nubes de puntos densas clasificadas de alta fiabilidad, modelos digitales de elevaciones y del terreno, ortomosaicos, etc.

A través de un vuelo planificado atendiendo a una serie de parámetros fotogramétricos es posible obtener colecciones de imágenes que permitirán la generación de productos derivados de elevada resolución temporal y espacial.

Los productos obtenidos a partir de estas cámaras nos facultaran la creación de modelos digitales con los que entender mejor el terreno y la fotointerpretación y delimitación dentro de un sistema de coordenadas global de elementos o superficies de interés.



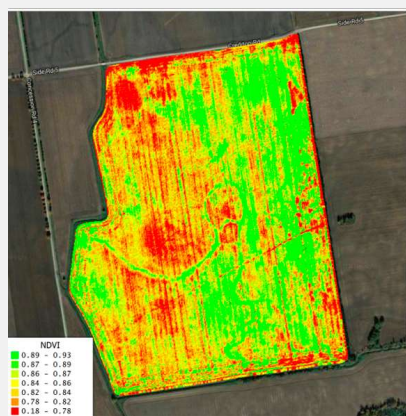


Tipos de drones y sensores.

Cámaras Multiespectrales. Este tipo de sensores permiten recoger información mucho mas precisa y detalla de la cubierta terrestre atendiendo a criterios y niveles de radiancia característicos de los elementos analizados según las regiones del espectro electromagnético empleados.

A partir de la información e imágenes de las distintas bandas del espectro será posible el estudio objetivo del estado de los cultivos empleando datos cuantitativos.

La combinación de bandas a partir de formulas matemáticas, índices de vegetación, será posible el estudio de las explotaciones agrícolas al detalle con gran resolución temporal y espacial en los productos generados.



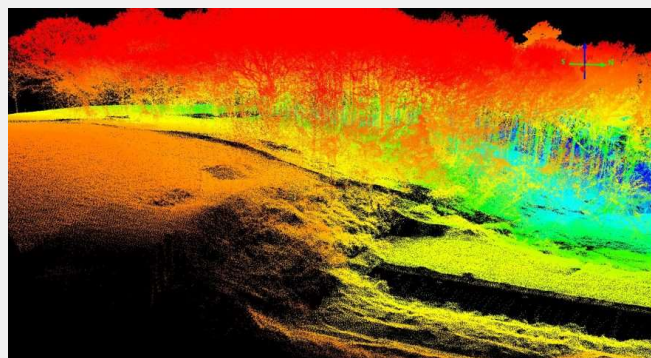


Tipos de drones y sensores.

Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR). Este sensor permite la obtención de nubes de puntos masivas georreferenciadas a partir de sus tres coordenadas (X,Y,Z). Además cuenta con una cuarta coordenada asociada a la respuesta del pulso laser tras su rebote sobre los elementos presentes en la cubierta terrestre.

Uno de los grandes beneficios que plantea el uso del LIDAR, además de la captura masiva de información, es la capacidad del haz laser a generar varios ecos en cada pulso pudiendo atravesar superficies o elementos no demasiado consolidados.

A diferencia de las fotografías clásicas nos aporta información mas allá de lo que podemos ver a simple vista, lo cual cambia el paradigma de la captura de información por completo.





Agricultura de precisión con drones

El uso e implementación de los drones, sensores y demás elementos que definen este flujo de trabajo planteado por esta nueva disciplina constituye un cambio a la hora de entender y estudiar el campo.

La agricultura de precisión basada en esta metodología teórica y práctica se posiciona como la alternativa de presente y futuro en el análisis, control y monitorización de las explotaciones agrícolas.

Los avances tecnológicos, la incorporación de nuevas herramientas y técnicas vaticina que este ámbito profesional estará en continua expansión y mejora, obteniendo día a día mejores resultados y optimizando los procesos.



Agricultura de precisión con drones

Algunas de las posibilidades que el uso de los drones plantea en el sector de la agricultura son:

- Análisis del posible estrés hídrico de los cultivos
- Control de las deficiencias nutricionales de las plantas
- Monitorización de la incidencia en los cultivos de plagas, enfermedades y malas hierbas
- Evaluación del estado de desarrollo y fenológico de las plantas
- Análisis de suelos
- Capacidad de sembrado
- Fertilización y fumigación de cultivos
- Mapeo y topografía de cultivos
- Monitorización y manejo del riego



Metodología

La primera fase del proceso es la recopilación de información sobre la explotación agrícola a analizar para poder concretar y definir mejor los instrumentos a emplear y como hacerlo de la manera mas operativa recogiendo el mayor volumen de información con la mayor calidad y precisión

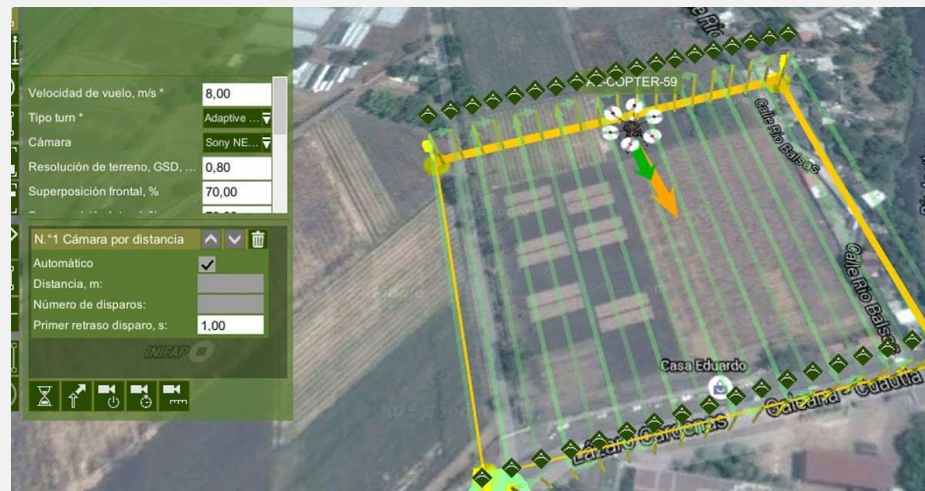




Metodología

La segunda fase es la definición de los parámetros fotogramétricos óptimos en función de los sensores y dron empleados. La correcta y precisa determinación de esta fase es clave para la obtención de los datos en crudos necesarios para las futuras fases de trabajo.

Una mala planificación del vuelo autónomo puede provocar que todo el trabajo sea errático y no tenga validez alguna.



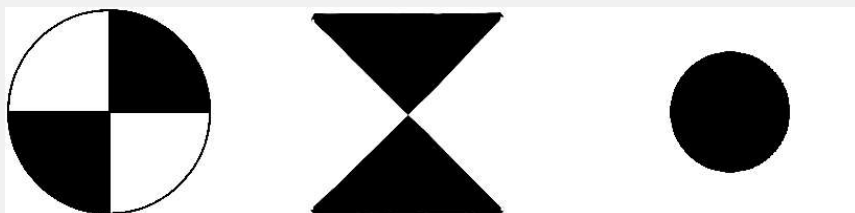


Metodología

La tercera fase, previa al vuelo, es la disposición de elementos adicionales que nos permita la calibración y corrección geométrica y radiométrica de las imágenes capturadas por el dron.

La colocación de marcas codificadas a lo largo del terreno de la explotación de estudio permite la correcta definición y georreferenciación de las imágenes capturadas.

Así mismo la captura de imágenes multispectrales de patrones de calibración en la misma situación ambiental que el propio proyecto permite la calibración radiométrica del sensor multispectral y minimizar al máximo las interferencia atmosféricas.





Metodología

La cuarta fase sería el inicio propiamente del vuelo dron y registro de todos los datos e imágenes necesarias para las posteriores fases de trabajo.

Es importante en esta fase estar atento de cualquier tipo de incidencia o anomalía que pudiese afectar a la información capturada para poder llevar a cabo labores de corrección o descartar esos datos para evitar errores en cadena y producir fallos en los modelos finales

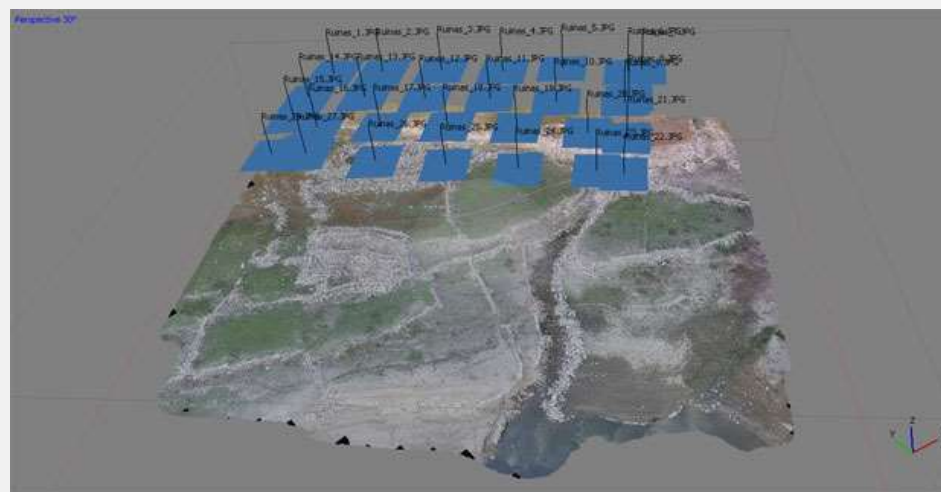




Metodología

La quinta fase se corresponde con la descarga de las imágenes y su incorporación en software específico para su gestión, corrección y adecuación y la posterior creación de los productos finales.

Con este flujo de trabajo conseguiremos la obtención de mosaicos de imágenes RGB y multiespectrales, nubes de puntos densas clasificadas según los elementos a los que hacen referencia, modelos digitales del terreno, curvas de nivel, etc.

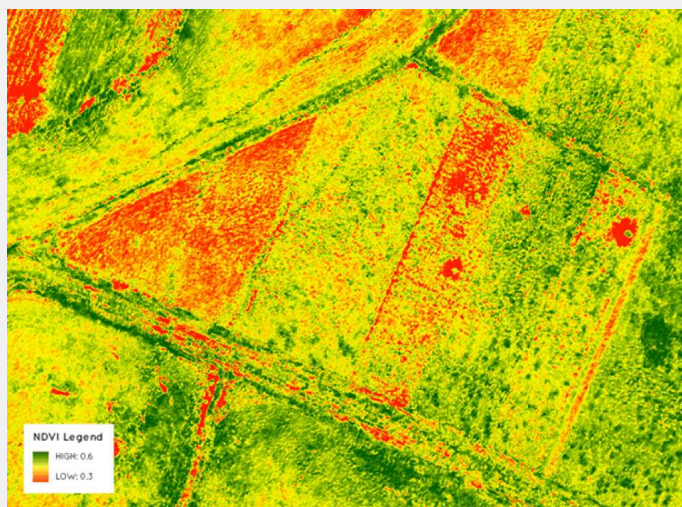




Metodología

La obtención de distintas bandas multispectrales nos permitirá calcular distintos índices de vegetación con los que obtener información de las variables y estado de la planta en los cultivos.

Algunos ejemplos muy comunes y empleados normalmente para el estudio de la vegetación son el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) empleado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación según su respuesta en las bandas del infrarrojo y el rojo.





Aplicaciones

- Monitorización del estado y salud de cualquier tipo de cultivo, mejoras en resoluciones espacial, temporal y radiométrica.
- Sectorización y selección cuantitativa y cualitativa del terreno para la pulverización y aplicación de productos fitosanitarios
- Modelación y calculo del volumen de copa, altura de cultivo, intensidad productiva y cantidad de producto por individuo para la estimación de producción y logística





Aplicaciones

- Control del estrés hídrico del suelo y monitorización de los sistemas de riego verificando excesos o defectos en su funcionamiento
- Estudio topográfico del terreno y posibilidad de proyectar futuros emplazamientos para las explotaciones agrícolas maximizando la producción y atendiendo a factores meteorológicos y naturales
- Cuantificar y disponer de información objetiva para el peritaje y valoración de daños tras sucesos adversos





Conclusiones

- La agricultura se presenta como un sector clave en la sociedad española con multitud de implicaciones y relaciones desde el punto de vista económico, social y medio ambiental
- La necesidad de mejorar y automatizar los procesos de producción y las técnicas de explotación agrícola es una necesidad con vistas a seguir siendo productivo en el mapa mundial de productores
- La introducción de técnicas y metodologías basadas en la agricultura de precisión donde el uso drones y los distintos tipos de sensores que podemos emplear es el actor principal es una necesidad y cada día lo será mas en el control y monitorización de los cultivos
- La formación continua, el aprendizaje y la capacidad de integrar esta disciplina por parte del profesional se convierte en la mejor manera para dedicarse y dar cabida a resultados óptimos y con garantías dentro de este sector



JORNADA DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DRONES Y BIM 9 y 10 de Mayo 2021

Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructuras Rurales