

**E.T.S. de Ingeniería Industrial, Informática y de
Telecomunicación**

Copernicus: Automatización de la descarga de imágenes de Sentinel



Grado en Ingeniería
en Tecnologías de Telecomunicación

Trabajo Fin de Grado

Autor: Iñigo Olcoz Martínez

Director: Juan Carlos Iriarte Galarregui

Pamplona, 30 junio de 2016



Resumen

Este trabajo fin de grado consiste en la automatización de la descarga de ficheros e imágenes de los satélites Sentinel del programa Copernicus de la ESA (Agencia espacial europea) junto a la Comisión Europea (CE) y otras agencias implicadas.

Para obtener las imágenes que proporcionan los Sentinel hay que realizar una llamada a la página oficial Sentinel Scientific Data Hub donde mediante argumentos obtiene las URL (localizador uniforme recursos) de las imágenes de interés para almacenarlas en un fichero de texto.

Una vez obtenidas las URL se procede a la descarga de los archivos de los cuales se obtendrán las imágenes y meta-datos de las imágenes para su posible tratamiento. Cuando se tienen descargadas todas las imágenes, se organizan automáticamente en el directorio seleccionado donde son ordenadas respectivamente.

El propósito de las descargas de estas imágenes esta directamente relacionado con el Proyecto PyreNEOS del gobierno de Navarra y de futuros servicios relacionados con la gestión del suelo, el medio marino, la atmosfera, respuesta de situaciones de emergencia, seguridad y cambio climático.

Esta aplicación no esta limitado exclusivamente al uso específico del gobierno de Navarra como fue preparado en primera instancia sino esta preparada para el uso de cualquier usuario que tenga una cuenta particular en la página oficial Sentinel Scientific Data Hub [1].

Abstract

This end of degree work is focused in the design of a tool to download automatically the images provided by Sentinel Satellites. These images are accessible thanks to the European Commission Copernicus program of the ESA (European Space Agency) (EC) and other agencies involved.

To access the images provided by the Sentinel a call must be made to the Scientific Sentinel Data Hub's official website, where the URLs (uniform resource locator) of images of interest are obtained by commands and stored in a text file.

Once the URLs are obtained, the images and meta- data of the images are downloaded for further processing. When the download of all the images is over, the images are automatically organized in the selected directory where they are sorted.

Images are downloaded to be accessible to the Project "PyreNEOS" of the Government of Navarre and futures land management, marine, atmosphere, emergency response, security and climate change related services.

This application is not limited only to the specific use of the Government of Navarre, as conceived in the first place, but it is also available to any user with a public account on the Sentinel Scientific Data Hub's official website [1].

Lista de palabras clave

- Copernicus
- ESA
- CE
- Satélite
- Sentinel
- Selenium
- Earth Observation (EO)
- ENVI
- H2020
- Teledetección
- Procesado de imagen
- Catástrofes
- Flora
- Servicios en caliente
- Cambio climático
- CPD

ÍNDICE

- 1. Introducción..... 7
- 2. Objetivos..... 9
- 3. Estado del arte 10
 - 3.1. Fundamentos de teledetección espacial 10
 - 3.1.1 Percepción remota satelital 10
 - 3.1.2 Espectro Electromagnético 12
 - 3.1.3 Plataforma espaciales y sensores..... 13
 - 3.1.4 Adquisición de datos mediante satélites de escaneo 14
 - 3.1.5 Formato de la imagen digital..... 14
 - 3.1.6 Tipos de imágenes 15
 - 3.1.7 Tipos de sensores 16
 - 3.1.8 Sistemas de satélites para el estudio de los recursos terrestres..... 17
 - 3.1.9 Sistemas de satélites empleados..... 17
 - 3.1.9.1 Sentinel 1..... 18
 - 3.1.9.2 Sentinel 2..... 19
 - 3.1.9.3 Sentinel 3..... 19
 - 3.1.9.4 Sentinel 4..... 19
 - 3.1.9.5 Sentinel 5..... 20
 - 3.1.10 Respuesta espectral de la superficie 22
 - 3.1.10.1 Reflectividad..... 23
 - 3.1.10.2 Respuesta de la vegetación 23
 - 3.1.10.3 Respuesta del suelo..... 23
 - 3.1.10.4 Respuesta del agua..... 23
 - 3.1.10.5 Respuesta de la nieve..... 24
 - 3.1.11 Interpretación visual de las imágenes satelitales 24
 - 3.2 Proyecto COPERNICUS..... 25
 - 3.2.1 Descripción 25

3.2.2 Objetivo	26
3.2.3 Socios.....	27
4. Automatización de la descarga imágenes	29
4.1. Introducción	29
4.2. Descarga manual	31
4.3. Descarga automática.....	35
4.3.1. Introducción	35
4.3.2. Programación de la aplicación.....	37
4.3.2.1. Copernicus.....	38
4.3.2.2. Ejecutable	45
4.3.2.3. Comprobador	46
4.3.3. Análisis de resultados	47
4.3.4. Almacenamiento y servicios.....	48
4.3.5. Funcionamiento.....	50
5. Conclusiones.....	52
6. Bibliografía.....	54



1. INTRODUCCIÓN

En esta última década se han obtenido importantes avances tecnológicos, especialmente en el sector de las TIC. Desde Europa se ha impulsado el mayor programa de investigación e innovación nunca visto con cerca de 80 mil millones de € entre 2014-2020. Este es el llamado Horizonte 2020 que es el instrumento financiero para la Innovation Union [0], una iniciativa emblemática dirigida a asegurar la competitividad global de Europa. Una de estas convocatorias está centrada en la observación de la Tierra ('Earth Observation', EO) [2]. Éste es un programa tecnológico, orientado a la investigación, cuyo objetivo principal es fomentar la innovación conectando universidades, organizaciones de investigación y empresas. Financia al 100% a aquellos proyectos presentados que cumplan sus complejas y específicas características.

Uno de los principales intereses presentados en la última convocatoria es el tratamiento de las imágenes que nos ofrecen los Sentinel que ya están en órbita y en funcionamiento. Éste permite la descarga gratuita de imágenes satelitales para su posterior procesado, tratamiento y análisis.

Antes del proyecto Copernicus disponer una imagen satelital de calidad tenía un coste elevado, por lo que los usuarios que trabajaban con estas imágenes disponían de un número escaso, siendo muy difícil el estudio de la evolución temporal de éstas. No obstante, esta revolución tecnológica nos permite obtener de forma sencilla y gratuita un conjunto importante de imágenes semanalmente de cualquier lugar de la Tierra. Cada Sentinel tarda aproximadamente 4 días por pasar por el mismo punto.

El Gobierno de Navarra junto con la UPNA y otros organismos y empresas, tanto a nivel nacional como internacional presentó una propuesta de proyecto H2020 para el tratamiento y aplicación de los datos provenientes de los satélites Sentinel. Se busca conseguir la máxima explotación de estos archivos gratuitos, ya que reduce el coste de la obtención de recursos y se prioriza la investigación e innovación de servicios. La propuesta ha sido recientemente aprobada y va a ser financiada. La idea principal consiste en crear una plataforma tanto software como hardware que ponga a disposición de los usuarios finales, tanto los servicios de teledetección que existen actualmente (servicios de incendios, agrónomos, de emergencias, etc.), como servicios nuevos que serán posibles gracias a la disposición temporal de las imágenes.

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado dentro de la propuesta se localiza en la parte de obtención de las imágenes de todos los Sentinel de forma totalmente automática. De este modo, tendremos a disposición la materia prima del proyecto Copernicus. El Gobierno de Navarra quiere disponer en sus servidores de un repositorio de las imágenes de los satélites Sentinel desde donde poder realizar sus investigaciones con mayor accesibilidad.

Este trabajo no está restringido para el uso del Gobierno de Navarra y la obtención exclusiva de imágenes de Navarra como en un principio se propuso. Está capacitado para ser usado por otras entidades y elegir la zona del planeta que de interés que se desee.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este Trabajo Fin de Grado consiste en la automatización de descarga de las imágenes de los satélites Sentinel y su almacenamiento de forma ordenada en los servidores del Gobierno de Navarra. Se busca generar una base de datos donde se pueda tener acceso a todas las imágenes de Navarra. Se busca por lo tanto evitar la descarga “manual” de las imágenes que es el sistema que se está empleando hasta el momento. Al descargarlas y organizarlas dentro de la base de datos se puede tener acceso a todas las imágenes que los satélites han descargado desde su puesta en funcionamiento.

Cada Sentinel se encargará del estudio de diferentes zonas del planeta, por lo que cada una de sus imágenes tendrán distintas propiedades. Se obtendrá una fuente de información muy variada que será necesario distintos estudios y procesados dependiendo cada tipo de imagen. Esta importante inversión de la Agencia Espacial Europea permitirá estudiar al detalle mediante teledetección la superficie de la Tierra, el cambio climático, catástrofes naturales, inundaciones, la flora y sus cambios anuales y semestrales, el deshielo de los glaciares o el estudio del regadío de los cultivos.

El Gobierno de Navarra tiene como objetivo a largo plazo la implantación de una plataforma piloto en Navarra con diversos servicios basados en el tratamiento de las imágenes satelitales, obtenidas del proyecto Copernicus, para todas las aplicaciones enunciadas anteriormente. Existe actualmente otro proyecto denominado PyreNEOS que se basa en el estudio de la nieve acumulada en los Pirineos que estará muy relacionado con Copernicus ya que se puede beneficiar de la información obtenida de las imágenes Sentinel. La posibilidad de disponer de la evolución temporal en el mundo de la teledetección, abre las puertas a la generación de nuevos algoritmos de procesamiento de imagen satelital, los cuales tendrán que adecuarse para funcionar tanto con una imagen, como con varias para observar dicha variación con el paso del tiempo.

Por todo ello, el proyecto Copernicus y PyreNEOS puede ser el trampolín a una revolución en los servicios de teledetección que nos aporte información interesante y valiosa para desarrollar y explotar un mercado que todavía está en desarrollo.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1 FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL

3.1.1 PERCEPCIÓN REMOTA SATELITAL

La percepción remota satelital (PRS), o Teledetección espacial es una técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, las cuales se forman gracias a una interacción energética existente entre la Tierra y el sensor, ya sea por reflexión de la energía solar o por reflexión de un haz energético artificial. A su vez la señal reflejada es capturada por los sensores del satélite, siendo parcialmente procesada a bordo de éste y retransmitida a estaciones receptoras terrestres para su posterior análisis y procesamiento [3].

Un sistema de PRS incluye los siguientes elementos:

1. Fuente de energía, que supone el origen del flujo energético detectado. Si la fuente es externa al sensor hablamos de teledetección pasiva; en caso contrario, teledetección activa. La fuente de energía más importante es el Sol.
2. Cubierta terrestre, formada por masas de vegetación, suelo, agua... que reciben la señal energética y reflejan en diferentes longitudes de onda.
3. Sistema sensor, compuesto por éste y la plataforma que los sujeta. Su misión es captar la energía de las cubiertas terrestres, codificarla y hacerla llegar al sistema de recepción. Éstos están diseñados para captar la radiación electromagnética de cualquier cuerpo con temperatura superior a 0°K.
4. Sistema de recepción y tratamiento de información, donde se recibe y almacena la información del sensor para después de realizar las correcciones oportunas, enviarlas a los centros de explotación.

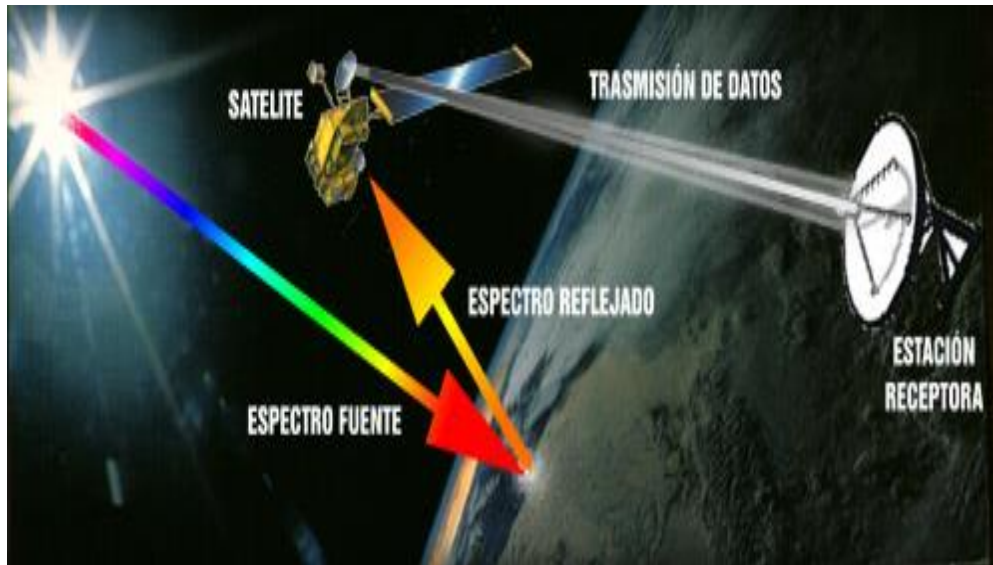


Figura 3.1 Percepción Remota Satelital

Gran parte de las aplicaciones de esta tecnología están relacionadas con el medio ambiente, pudiendo destacar las siguientes:

- Detección de cambios en la cubierta vegetal, por deforestación o sequía.
- Control de movimiento de icebergs en zonas polares.
- Análisis de masas nubosas.
- Detección de incendios, determinando zonas más afectadas y áreas más propensas.
- Predicción del rendimiento de cultivos.
- Medición de aguas superficiales y humedales.
- Cartografía térmica de la superficie del mar.
- Estudiar el efecto del cambio climático.
- Sondeo en profundidad de las fallas oceánicas y las costas.

3.1.2 Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es el conjunto de las frecuencias de radiación electromagnética, se extiende desde 10 Hz que corresponde a los campos generados por las actividades de generación y transmisión de electricidad, hasta frecuencias de 1024 Hz [3].

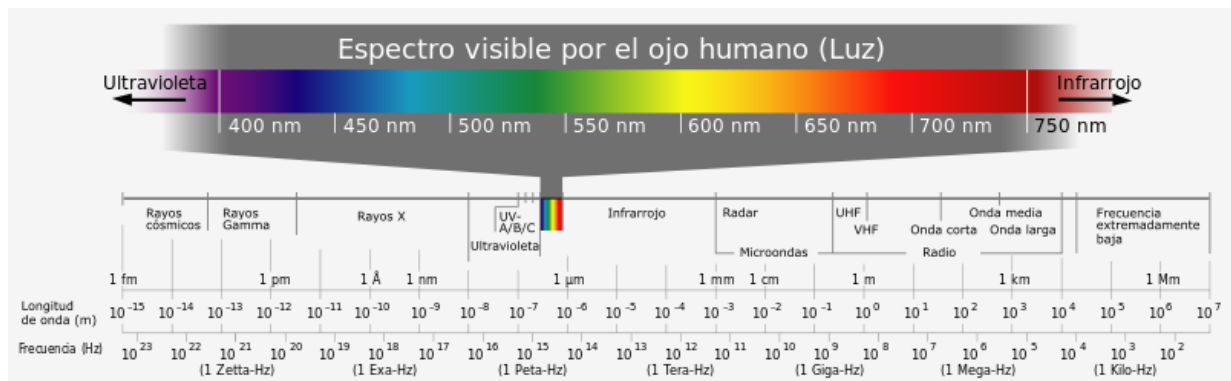


Figura 3.2 espectro electromagnético

La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio en formas de ondas portadoras de energía. Puede manifestarse como calor, luz visible, rayos X o rayos gamma, onda de microondas, etc. A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, la radiación electromagnética no necesita un medio para propagarse.

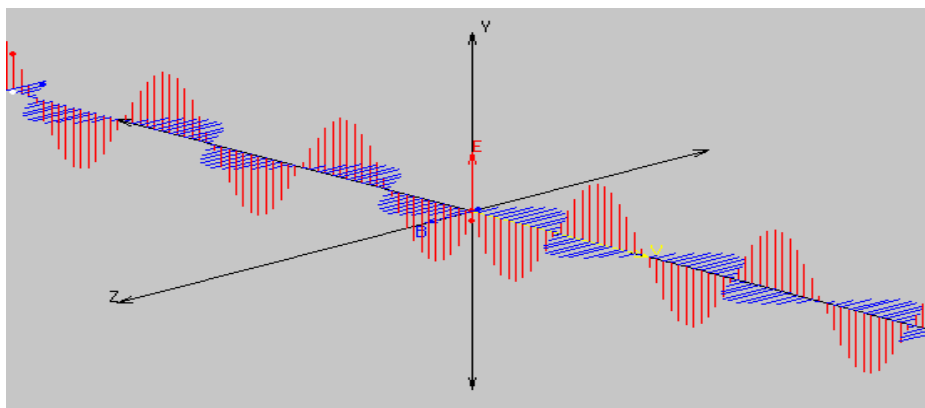


Figura 3.3 radiación electromagnética

Las energías de todas radiaciones son en esencia iguales, las únicas diferencias son la frecuencia y la longitud de onda.

El espectro contiene tres escalas de valores diferentes: una para la frecuencia, otra para la longitud de onda y otra para la energía. Desde el punto de vista de la energía, el espectro se divide en radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Las ionizantes son ondas electromagnéticas de frecuencia muy alta que tienen la suficiente energía para producir ionización. Estas radiaciones al interactuar con la materia producen ionización dando lugar a la aparición de iones positivos, que provocan reacciones y cambios químicos en el material con el que interactúan.

3.1.3 PLATAFORMA ESPACIALES Y SENSORES

Los satélites de observación de la tierra, se dividen, según su órbita, en satélites de órbita baja (LEO) y satélites de órbita geoestacionaria (GEO).

- Los LEOs varían en un rango de típicamente, 200 a 1200 km sobre la superficie terrestre, lo que significa que poseen periodos comprendidos entre 90 minutos y 5 horas y por lo tanto son excelentes candidatos para realizar exploraciones exhaustivas de la superficie terrestre (detección de incendios, determinación de la biomasa, estudio de la capa de ozono, etc.). Ejemplo: Sentinel.
- Los GEOs tienen una órbita fija a 35875 km de distancia, en órbita ecuatorial (lo que significa que quedan en dirección sur para los habitantes del hemisferio norte, en dirección norte para los habitantes del hemisferio sur y justo encima de los habitantes del ecuador). Además, por las características de la órbita geoestacionaria, siempre permanecen fijos en el mismo punto. Son excelentes para estudios de meteorología (Meteosat).

Los instrumentos de observación dependen del objeto del estudio; variando desde observación en el espectro visible, las microondas, etc. [3].

Los satélites comerciales de percepción remota adquieren imágenes con sensores digitales. El sensor tiene detectores que miden la cantidad de radiación

electromagnética (energía) reflejada o emitida por objetos sobre la superficie de la Tierra. Estas mediciones se llaman espectrales. Cada valor de reflectancia espectral es almacenado como un número digital. Estos son transmitidos a la tierra donde son convertidos, por computadoras, en niveles de brillo, colores o escala de grises para crear imágenes que se ven como fotografías [4].

Las medidas de reflectancia y las imágenes creadas a partir de ellas proveen una representación precisa de cómo se ve la superficie y los objetos sobre ella. Eso se conoce como el contenido espacial de la imagen.

Las mediciones de reflectancia ayudan a revelar el contenido de las rocas, suelo, vegetación, etc. Esto es conocido como el contenido espectral de la imagen.

3.1.4 ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIANTE SATÉLITES DE ESCANEAMIENTO

El escáner es un instrumento fundamental en teledetección. Los detectores de cada escáner están designados para recibir radiaciones de canales específicos. El número de canales, su longitud y situación en el espectro varía para cada sensor, luego se obtienen características distintas de resolución espectral y espacial. Estas combinaciones determinan los usos para los cuales las imágenes serán más adecuadas [5].

3.1.5 FORMATO DE LA IMAGEN DIGITAL

El Tratamiento Digital de Imágenes es una parte fundamental de la teledetección, cuyo desarrollo ha impulsado las aplicaciones de los datos digitales procedentes de sensores. La Imagen en forma digital (matriz numérica bidimensional) obtenida directamente (radiómetros) o por transformación de la imagen analógica (cámaras métricas) en digital mediante escáner, será la fuente indispensable de entrada de

datos en el Sistema de Tratamiento. Asimismo, al ser los datos, en todo el procesamiento, en forma digital posibilita dos aspectos trascendentales en el momento actual, como son [6]:

- La comunicación y transmisión por redes de la información.
- La producción electrónica de documentos cartográficos (mapas, ortógrafos...).

La imagen adquirida por el sensor remoto está en formato digital. Es una matriz de filas y columnas donde cada elemento es un pixel. Por cada una de las bandas existe una de estas matrices. Al terminar una fila de escaneo, se incorporan parámetros de geolocalización y calibración del sensor. Al comienzo van las cabeceras que le indican al ordenador el formato de imagen, número de líneas, bits que ocupa cada pixel, etc. Lo usual es encontrar pixeles entre 8 y 10 bits. Una imagen de 8 bits es capaz de almacenar 256 niveles de información, si la imagen es en escala de grises, serán 256 tonos de gris.

3.1.6 TIPOS DE IMÁGENES

- Imágenes pancromáticas: adquiridas por sensores digitales que miden la reflectancia de energía en una amplia porción, pero única del espectro electromagnético (estas porciones del espectro se llaman bandas). Esta banda abarca desde la parte visible hasta el infrarrojo cercano. Los datos pancromáticos son representados como imágenes en blanco y negro.
- Imágenes multi-espectrales: son adquiridas por sensores digitales que miden reflectancia en varias bandas. Por ejemplo, un grupo de detectores mide la energía roja visible reflejada ($4 \times 10^{14} \text{ Hz} - 4.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$), mientras que otro mide la energía infrarroja cercana. Los múltiples valores de reflectancia se combinan para crear imágenes a color. Los satélites actuales miden la reflectancia de tres a siete bandas diferentes al mismo tiempo.

- Imágenes hiper-espectrales: obtenidas por sensores espectrales que miden la reflectancia en varias bandas individuales, en cientos de bandas al mismo tiempo. La medición de reflectancia en numerosas y estrechas porciones del espectro puede detectar diferencias y características muy sutiles entre cubiertas de superficie especialmente en vegetación, suelo y rocas.

Las imágenes de satélite son datos 'ráster', es decir que la imagen está compuesta de numerosos píxeles, organizados de manera matricial que cubren el área total de la escena.

Cuando los sensores examinan la superficie de La Tierra toman mediciones individuales de la energía electromagnética reflejada por cientos de áreas precisamente definidas en el terreno. Estas áreas tienen una dimensión llamada distancia de muestra en tierra GSD. Si un sensor tiene un GSD de 10m, significa que mide la reflectancia de la energía cada 10x10m. En un sensor multi-espectral, se mide la reflectancia en distintas bandas de longitud de onda por cada área de 10x10m [4].

3.1.7 TIPOS DE SENSORES

Se clasifican de acuerdo a la energía usada, obteniendo los siguientes tipos [5]:

- Pasivos: instrumentos óptico-electrónicos que miden energía electromagnética que proviene del sol, y que rebota de la superficie de la Tierra. Son pasivos porque no transmiten su propia fuente de energía luego solo operan con la luz del día.

- Activos: son capaces de emitir su propio haz de energía siendo más independientes puesto que no dependen de las condiciones exteriores al sistema sensor tierra. El más empleado es el radar de apertura sintética SAR (trabaja en microondas) [6]; otro

importante el LIDAR [7] que opera en la región del espectro visible e infrarrojo cercano.

3.1.8 SISTEMAS DE SATÉLITES PARA EL ESTUDIO DE LOS RECURSOS TERRESTRES

Actualmente, hay una gran variedad de sistemas de tele observación por satélite. La región concreta en la que el sensor obtiene los datos, así como su resolución espacial y la capacidad de repetir la observación, son consideraciones importantes que determinan la utilidad de los datos a efectos de su aplicación en diversos sectores. Los sistemas de satélites para el estudio de recursos terrestres se clasifican en:

- Satélites de recursos naturales: empleados para representar cartográficamente las condiciones de la superficie de la Tierra. la alta resolución que se requiere solo se logra escaneando áreas más pequeñas, luego escanear toda la Tierra tarda varios días; por otra parte, la resolución espacial permite que los datos obtenidos tengan mucho detalle [8].
- Satélites meteorológicos: sirven para medir las condiciones atmosféricas, proporcionando datos frecuentemente actualizados que cubren grandes áreas geográficas, luego las imágenes obtenidas son de baja resolución espectral y espacial, sin mucho detalle [9].

3.1.9 SISTEMAS DE SATÉLITES EMPLEADOS

Copernicus es un programa de observación de la Tierra que se compone de un complejo conjunto de sistemas que recogen datos de múltiples fuentes, como los satélites de observación de la Tierra; y los sensores “in situ”, como las estaciones de tierra, aire y marítimos.

Éste procesa los datos y proporciona a los usuarios información fiable y actualizada a través de servicios relacionados con las cuestiones ambientales y de seguridad.

Copernicus ofrece:

- Servicio que garantiza el acceso a la información Copernicus.
- Componente espacial que garantiza observaciones satelitales sostenibles.
- Componente “in situ” que garantiza observaciones aéreas, marítimas y terrestres.

La infraestructura espacial de Copernicus son los satélites Sentinel, lanzados por la agencia espacial europea (ESA). A continuación, se detalla información sobre los diferentes tipos de satélites [10].

3.1.9.1 SENTINEL 1

Los satélites gemelos Sentinel-1 están diseñados para ofrecer observación de la Tierra basada en imágenes de radar y ofrecerán datos de calidad significativamente más elevada que sus antecesores. El radar permitirá un funcionamiento continuo (las veinticuatro horas).

El Sentinel-1 se utilizará para observar eventos ambientales tales como corrimientos de tierra o inundaciones. También ofrecerá información y apoyo a las misiones de asistencia, rescate y emergencia durante desastres, donde es vital contar con datos actualizados lo más rápidamente posible. Además, los datos también se pueden usar para evaluar procesos a largo plazo. Por ejemplo, observar las masas de hielo que se funden en Groenlandia puede ofrecer información importante para sacar conclusiones en cuanto al alcance de la elevación del nivel del mar.

El primer satélite, el Sentinel-1A, se lanzó en abril de 2014 y el Sentinel-1B en abril de 2016 [11].

3.1.9.2 SENTINEL 2

El Sentinel-2 también incluye dos satélites. Ofrecerá imágenes ópticas que van de las regiones del espectro electromagnético de infrarrojos cercanas a la onda corta en un total de 13 bandas espectrales con resoluciones de 10, 20 o 60 metros y un ancho de barrido de 290 km.

Los datos se usarán sobre todo para hacer seguimiento de desastres naturales (inundaciones, incendios forestales, corrimientos de tierra, erosión) y en los campos de uso de tierras, sellado de suelos, planificación espacial, gestión forestal y ayuda humanitaria. El Sentinel-2A se lanzó en 2015. El Sentinel-2B se lanzará a finales de 2016. Juntos serán capaces de producir imágenes completas de la superficie terrestre del planeta en solo cinco días [11].

3.1.9.3 SENTINEL 3

El Sentinel-3 ya está en órbita y enviando imágenes se dedica a la oceanografía y al seguimiento de la vegetación. Sus instrumentos registrarán parámetros tales como la topografía de los océanos y los mares, así como la temperatura superficial y el color de los océanos, mares y masas terrestres, con un alto grado de exactitud y fiabilidad.

El Sentinel-3 se usa para determinar la cantidad de humedad presente en el recorrido de los pulsos de radar, así como otros subsistemas satélites para esta misión [11].

3.1.9.4 SENTINEL 4

La misión Sentinel-4 se concentrará en servicios tales como el análisis de la composición química de la atmósfera y el seguimiento de la calidad del aire. Su función principal es medir las concentraciones de aerosoles, gases traza y cubierta nubosa en la troposfera inferior.

Desde una órbita geoestacionaria, dos espectrómetros harán posible por primera vez hacer un seguimiento continuo de la composición de la atmósfera y calidad del aire en Europa, Norte de África y la región del Sahel. El objetivo es generar un parte cada hora sobre los datos de calidad del aire. Todavía no hay fecha prevista para el lanzamiento [11].

3.1.9.5 SENTINEL 5

El Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P) será el primer satélite dedicado a hacer un seguimiento de la química atmosférica.

Garantizará que haya continuidad de datos para hacer un seguimiento del agujero de la capa de ozono y la contaminación troposférica a medida que las misiones de seguimiento climático actuales vayan llegando al final de su vida.

El Sentinel-5P cerrará la brecha existente entre las capacidades atmosféricas actuales derivadas de órbita polar baja y el lanzamiento del Sentinel-5, que está previsto para el 2020 aproximadamente.

Este satélite llevará un instrumento de seguimiento del ozono troposférico. Este espectrómetro de absorción avanzado ofrecerá datos sobre los gases traza y aerosoles atmosféricos que afectan a la calidad del aire y al clima. Mide ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido sulfúrico y otros contaminantes atmosféricos a una resolución más elevada que la disponible en la actualidad [11].

En la Figura 3.4 se muestran los diferentes tipos de satélites Sentinel:



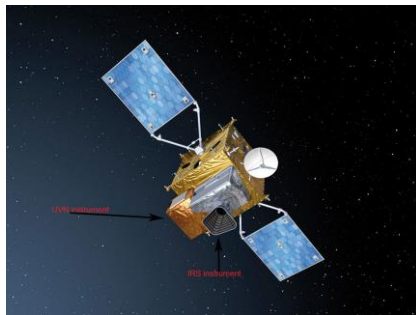
Sentinel 1



Sentinel 2



Sentinel 3



Sentinel 4



Sentinel 5

Figura 3.4 Satélites Sentinel del programa Copernicus

En resumen, Copernicus nos ofrece:

- Servicios de monitorización de la Tierra:
 - Monitorización terrestre.
 - Monitorización del mar.
 - Monitorización atmosférica.

- Servicios horizontales
 - Gestión de emergencias.

- Seguridad.
- Cambio climático.

Actualmente, se encuentra en órbita el:

- El satélite Sentinel-1, el cual pone a disposición de los usuarios imágenes radar de la Tierra con una resolución espacial de 10x10m;
- El satélite Sentinel-2A y Sentinel-2B, para realizar observaciones terrestres en apoyo de los servicios tales como vigilancia de los bosques, la tierra de detección de cambios en la cubierta, y la gestión de desastres naturales.
- Por último, el Sentinel-3A, su objetivo principal de la misión Sentinel-3 es medir la topografía de la superficie del mar, la temperatura del mar y de la superficie terrestre y color océano- y de la superficie terrestre con una precisión en apoyo de los sistemas de predicción oceánica, y para la vigilancia del medio ambiente y el clima.

3.1.10 RESPUESTA ESPECTRAL DE LA SUPERFICIE

Cuando la energía incidente desde el espacio interactúa con la materia, parte es absorbida y la restante se refleja. La respuesta espectral es el comportamiento de los cuerpos ante la incidencia de dichas radiaciones electromagnéticas de distinta frecuencia [3].

3.1.10.1 REFLECTIVIDAD

La reflectividad de los cuerpos varía según la longitud de onda que incide sobre ellos, normalmente aumentando a medida que la longitud de onda disminuye. Para una misma longitud de onda, la reflectividad más baja está en el agua y la máxima en la nieve.

3.1.10.2 RESPUESTA DE LA VEGETACIÓN

La respuesta de la vegetación es variable dependiendo de múltiples factores. En general, presenta una baja reflectividad en las bandas visibles con un máximo en la región del verde; debido al efecto absorbente de los pigmentos fotosintéticos de las hojas como la clorofila que absorbe en la zona del rojo.

3.1.10.3 RESPUESTA DEL SUELO

El comportamiento del suelo desnudo es uniforme comparado con el de la vegetación, generando una curva plana y ascendente. Cuanto más seco es el suelo, mayor es su reflectividad.

3.1.10.4 RESPUESTA DEL AGUA

El agua absorbe o transmite la mayor parte de la energía visible que incide sobre ella, absorbiendo más cuanto mayor es la longitud de onda de la energía incidente, es decir su curva espectral es plana, baja y de sentido descendente. La mayor reflectividad en agua pura está en el azul. La respuesta del agua depende de la profundidad, aumentando la reflectividad en aguas poco profundas.

3.1.10.5 RESPUESTA DE LA NIEVE

La reflexión disminuye a medida que la longitud de onda aumenta, teniendo una alta reflectividad en las bandas visibles y una reducción drástica en el infrarrojo cercano.

3.1.11 INTERPRETACIÓN VISUAL DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Cada pixel está compuesto de información espacial y espectral, permitiendo identificar visualmente objetos y características de la superficie por su apariencia física. En términos espectrales, la intensidad del color en una imagen nos ofrece información [10].

- Resolución espacial: referida al rasgo de la superficie más pequeño que puede distinguirse en la imagen, determinando que aspectos pueden observarse. Lo primero es determinar el tamaño de objeto que deseamos ver y luego buscar las imágenes con resolución suficiente para localizarlos.

- Resolución espectral: define la longitud de onda en la que mide el sensor la reflectancia de energía. El número de bandas se usa para explicar cuántas longitudes de onda separadas miden el sistema, es decir, un sensor multi-espectral de tres bandas mide la energía en tres longitudes de onda distintas a la vez. Una imagen multi-espectral está compuesta por combinaciones de tres bandas pues solo los colores primarios se usan para crear la visualización de la imagen.

- Resolución radiométrica: se refiere a la cantidad de niveles de gris en que se divide la radiación recibida para ser almacenada posteriormente.

- Resolución temporal: es la frecuencia de paso del satélite por un mismo punto de la superficie terrestre. Es decir, cada cuanto pasa el satélite por una misma zona de la Tierra.

- Precisión: es la exactitud con la que aparece un objeto en la imagen respecto a su ubicación real. Se expresa en píxeles que su transformación a metros es sencilla. Por ejemplo, una imagen con resolución de 10m puede tener un pixel de precisión, luego cualquier objeto puede estar fuera de su lugar real por 10m en cualquier dirección.

- Cobertura: todos los sensores tienen un campo visual que determina el tamaño de la escena de una imagen. El sensor puede recolectar medidas de reflectancia a lo largo de miles de kilómetros en este ancho de visión, pero estas mediciones son divididas en dimensiones cuadradas.

- Escala: la escala del mapa depende de la calidad de la imagen y está relacionada directamente con su resolución espacial.

3.2 PROYECTO COPERNICUS

3.2.1 DESCRIPCIÓN

El programa europeo «Copernicus» (anteriormente conocido como GMES, Vigilancia Mundial del Medio Ambiente y la Seguridad) crea una infraestructura moderna y potente para la observación de la Tierra y para ofrecer servicios de geoinformación [11].

Este programa lo gestiona la Comisión Europea (CE) junto con la Agencia Espacial Europea (ESA) y otras agencias que están implicadas en papeles menos relevantes. Copernicus está diseñado para permitir capturar datos en seis áreas clave: seguimiento terrestre, seguimiento del medio marino, gestión de desastres y crisis, seguimiento de la atmósfera terrestre, seguimiento del cambio climático y seguridad.

La base de datos global, estandarizada y a escala mundial que se necesita para realizar el seguimiento ambiental planetario no se puede concebir sin un sistema de satélites. La importancia extraordinaria de la observación terrestre basada en satélites que propone el programa Copernicus reside en el objetivo de crear un acceso independiente a datos de observación de la Tierra a nivel mundial.

3.2.2 OBJETIVO

El objetivo principal de este proyecto es disponer de infraestructuras y herramientas dedicadas ya existentes, adaptadas a las necesidades regionales, permitiendo hacer frente a cuestiones ambientales y de emergencia; y administrar de forma innovadora a partir de datos de los satélites Sentinel, como de los datos “in situ”.

Debido a la disponibilidad de imágenes y su análisis temporal, se estudiarán métodos para el co-registro y fusión de datos, es decir, nuevos servicios que trabajen con datos de diferentes Sentinel, o contribuciones de otras misiones satelitales.

Cuando estén operativos en órbita, los Sentinels podrán capturar datos para hacer un seguimiento de la salud del planeta (fundición de los glaciares, erosión costera, comportamiento oceánico -color, temperatura, corrientes, etc.), así como del estado de la tierra (cuestiones forestales, desertificación, agricultura, desarrollo urbano...). También se podrán investigar acerca del cambio climático, las situaciones de emergencia (seguimiento de desastres) y la seguridad (vigilancia fronteriza).

Actualmente ya podemos obtener imágenes de los Sentinel 1-A, Sentinel 2-A y Sentinel 3-A. La UE financia la sustitución que estará disponible al final de 2020, aproximadamente, y la ESA planea desarrollar también una segunda generación de Sentinels a principios de 2017.

Cada Sentinel tiene asociado su propio segmento de tierra a donde se bajarán los datos vinculados. Esto incluye igualmente un sistema de archivo y distribución (basado en la red) a los usuarios. Además, permitirá realizar una bajada continua de datos de los Sentinel-1, 2 y 3 mediante la retransmisión de datos geostacionarios a tierra para beneficio de los usuarios.

Los modelos A&B actuales tendrán una vida de unos 8-10 años y serán reemplazados por los modelos C&D en cuanto estén disponibles. Los Sentinels de futura generación se estudiarán a partir de 2017 para asegurar la continuidad del servicio y las mejoras que sean necesarias.

Resumiendo, el proyecto Copernicus abarca puntos importantes dentro del programa H2020. Como los siguientes:

- Investigación sobre la eficiencia de recuperación de información desde los centros repositorios y de difusión de datos por satélite; que se podría vincular con el desarrollo de la plataforma.
- Desarrollo de software para la captación y el procesado de los datos para ofrecerlos a los investigadores, instituciones y aplicaciones comerciales; que involucraría a todos los actores desde distintas perspectivas.
- Desarrollo del co-registro de datos de los distintos satélites, con distinta naturaleza y su fusión.
- Métodos validados y eficientes de integración de los datos del Sentinel para su uso por los servicios operativos.

3.2.3 SOCIOS

Los colaboradores que hayan desarrollado servicios de observación satelital serán quienes colaboren en la definición de las necesidades y requerimientos que deben satisfacer las arquitecturas a proponer por los socios tecnológicos y por los centros de investigación (universidades), los cuales lo analizarán y testarán la veracidad de los resultados obtenidos implementando una plataforma de prueba sobre la que hacer funcionar sus servicios.

Los colaboradores en el proyecto son:

- Gobierno de Navarra (España).
- Universidad Pública de Navarra (UPNA) (España).
- Observatorio Nacional de Atenas (NOA) (Grecia).
- Instituto de Tecnología Aeroespacial (INTA) (España).
- TRACASA (España).
- ARMINES (Francia).
- Universidad de Twente (Países Bajos).
- CENER (España).
- E geos (Italia).
- Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) (España).
- Telespazio Iberica (España).
- EDF (Francia).
- INDRA (España).

4. AUTOMATIZACIÓN DE LA DESCARGA IMÁGENES

4.1. INTRODUCCIÓN

Antes de tener a disposición los satélites Sentinel era muy costoso obtener una imagen para observar la Tierra que fuera de utilidad para el estudio de una región de interés. Por lo tanto, resultaba en cierto modo barato económicamente contratar a un especialista para sacar el máximo rendimiento a las posibles aplicaciones y servicios que se puedan obtener de la imagen. Ya que se obtenían un número reducido de imágenes al año debido a su coste económico y de la frecuencia de obtención de imágenes de la misma región.

Por ello, el proyecto Copernicus abre un abanico de posibilidades que antes eran inimaginables. Por un lado, las imágenes que se pueden obtener de los Sentinel 1-A, Sentinel 2-A y Sentinel 3-A son totalmente gratuitas. Este hecho abre la posibilidad a todas las personas para realizar sus investigaciones mientras que antes estaba restringido a un selecto número de empresas que pudieran acceder o pagar las imágenes.

Igualmente hay que destacar el aumento en el número de imágenes de las que se dispone. En estos momentos, con los Sentinel disponibles, se pueden obtener fácilmente cerca de 15 imágenes por semana de una misma región. Este incremento en el número de las imágenes es posible porque cada satélite fotografía la misma región de la Tierra con un periodo de 4 días.

En la Figura 4.1 se muestra una imagen del Sentinel 2-A. en la que se aprecia cómo se lleva a cabo el proceso de barrido de la superficie de la Tierra, ya que la órbita que tiene el satélite es más o menos perpendicular al Ecuador de la Tierra. De este modo se puede aprovechar la rotación de la Tierra para fotografiar mayor superficie del planeta.

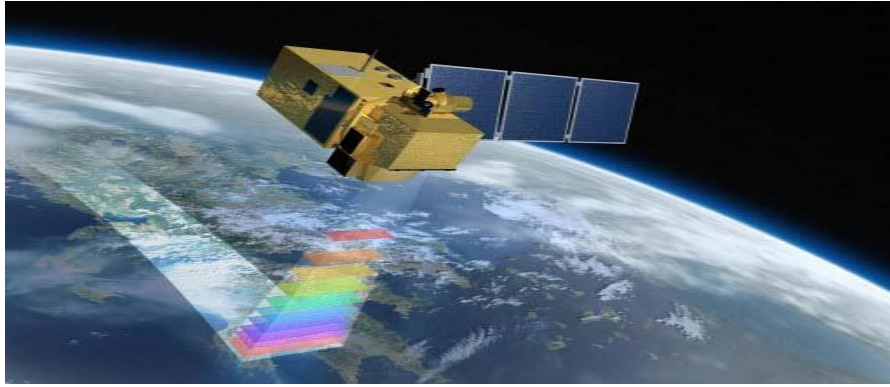


Figura 4.1 Sentinel 2-A obteniendo imágenes terrestres

Dada la cantidad de imágenes que se pueden obtener de estos Satélites resulta interesante disponer de una base de datos potente para almacenar todas las imágenes posibles para su tratamiento. El inconveniente principal es el gran tamaño de dichas imágenes ya que cada una de ellas ocupa entre 1.5-7.4 GB de espacio aproximadamente. Además, para descargarlas hay que acceder a la página oficial <https://scihub.copernicus.eu/>, donde es necesario registrarte para poder descargar las imágenes. El tiempo de descarga de cada imagen es elevado debido a su gran tamaño y no se permite la descarga de más de dos imágenes simultáneamente por usuario.

Por todo ello, el Gobierno de Navarra apuesta por obtener un servicio que realice la descarga de las imágenes en este caso de Navarra de forma automática semanalmente. Posteriormente, almacenarla en una base de datos que dispone en los servidores que tiene a su cargo. Desde ellos tiene acceso a todas las imágenes descargadas y tendrá la posibilidad de realizar sus respectivas investigaciones.

4.2. DESCARGA MANUAL

Hasta el momento, si se quiere descargar imágenes del Sentinel sin la aplicación desarrollada en este Trabajo Fin de Grado se debe realizar “manualmente”. Hay otras alternativas utilizando SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) [12] con el programa QGIS, pero esta manera no es del todo automática.

Siguiendo estos pasos se obtiene de forma manual las imágenes que resulten interesantes desde la página oficial.

En primer lugar, se debe ir a la página oficial <https://scihub.copernicus.eu/> o directamente <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> este segundo link es más directo. Como se puede observar en esta imagen:

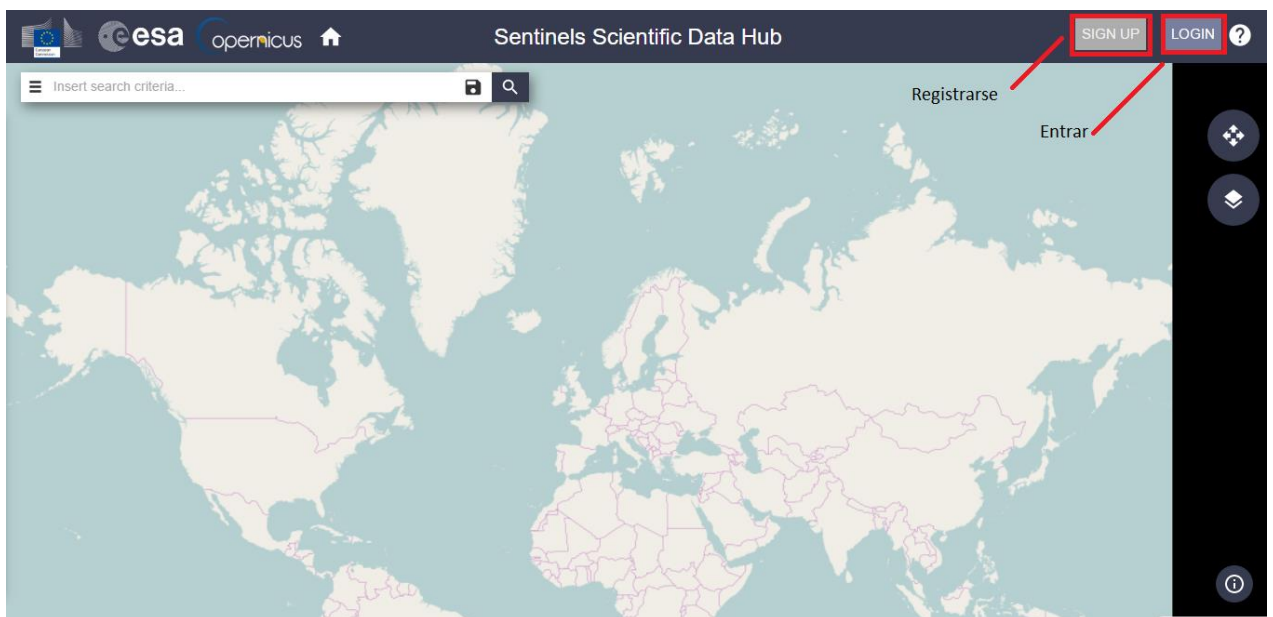


Figura 4.2 Url <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

El siguiente paso es registrarse y aparecerá el siguiente formulario, con lo que rellenando los campos se obtiene un usuario para poder acceder a la descarga de imágenes:

The screenshot shows the 'Register new account' page on the Sentinel Scientific Data Hub. At the top, there are logos for ESA and Copernicus, and buttons for 'SIGN UP' and 'LOGIN'. The main heading is 'Register new account'. Below this, a note states: 'Sentinel data access is free and open to all. On completion of the registration form below you will receive an e-mail with a link to validate your e-mail address. Following this you can start to download the data. Special chars are not allowed in the username field, i.e.: + & ! | () { } * ~ - ? : \ \$ -blank space-'. The registration form consists of several fields: 'Firstname' and 'Lastname' (top row), 'Username' (second row), 'Password' and 'Confirm Password' (third row), 'E-mail' and 'Confirm E-mail' (fourth row), and three dropdown menus for 'Select Domain', 'Select Usage', and 'Select Country'. At the bottom, there is a disclaimer: 'By registering in this website you are deemed to have accepted the T&C for Sentinel data use.' and a 'REGISTER' button.

Figura 4.3 Formulario

Una vez obtenida una cuenta, se puede acceder dentro de la página para realizar las descargas de las imágenes. Para ello se debe introducir usuario y contraseña.

The screenshot shows the 'LOGIN' form overlaid on a map of Europe and the Middle East. The form has a title 'LOGIN' and two input fields: 'Username' and 'Password'. Red boxes highlight these fields, with red arrows pointing to the labels 'Usuario' and 'Contraseña' respectively. Below the input fields is a 'LOGIN' button and a link for 'Forgot password?'. The background map shows various countries and regions, with a search bar at the top left.

Figura 4.4 Login

A continuación, introducir los parámetros para identificar la región de interés y las fechas de inicio y fin para determinar el intervalo de tiempo. También se debe

seleccionar qué satélite Sentinel se quiere que muestren sus fotos. En el caso de no seleccionar ninguno por defecto se activan todos los operativos. Por último, para las imágenes del Sentinel 2 se tiene la opción de determinar el % de nubosidad de las imágenes.

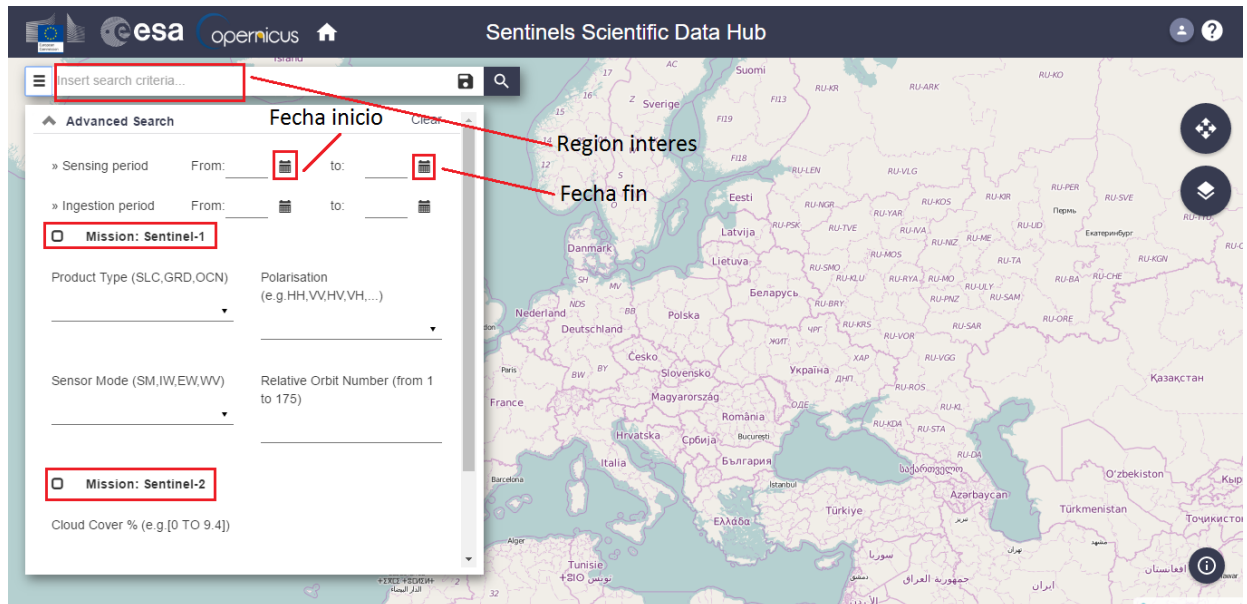


Figura 4.5 Parámetros de búsqueda

Finalmente, se pueden descargar las imágenes que se muestren del intervalo de tiempo seleccionado. Se pueden descargar pinchando tanto en la URL de descarga como pulsando en el botón de descarga. La descarga está limitada a la descarga simultánea de 2 imágenes.

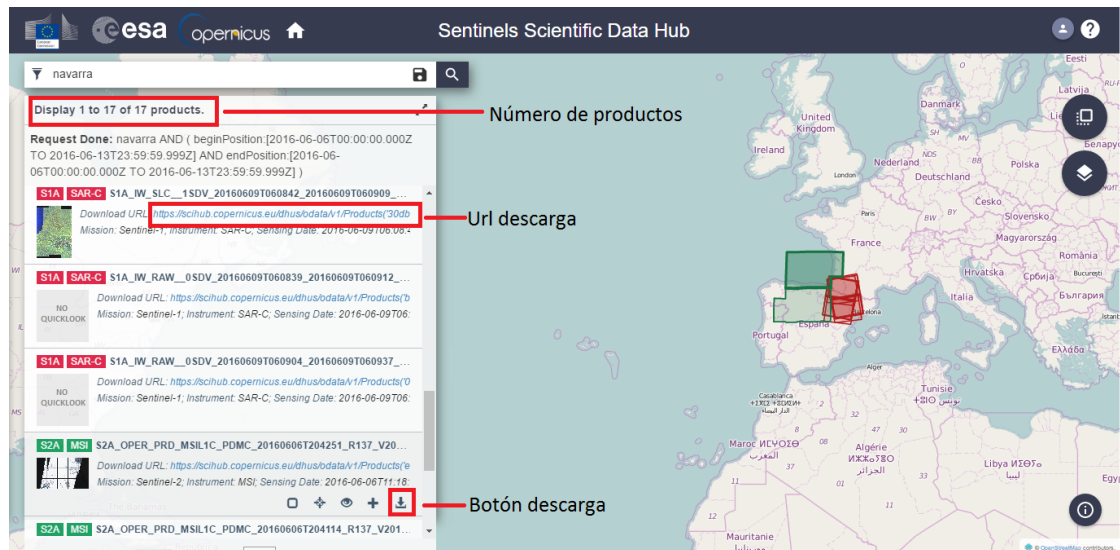


Figura 4.6 Descarga de imágenes

Este es el procedimiento para una descarga manual de las imágenes del Sentinel. El trabajo se basa en la descarga automática de dichas imágenes.

Para ello se ha creado una aplicación en Java con la librería Selenium capaz de interactuar con el navegador de la misma forma que lo haría una persona siguiendo las instrucciones detalladas anteriormente. De esta forma, esta aplicación se puede programar para que se ejecute de forma automática en el ordenador mediante las tareas programadas del propio terminal y así proceder a la descarga de imágenes en el momento del día que más nos convenga.

4.3. DESCARGA AUTOMÁTICA

4.3.1. INTRODUCCIÓN

Para realizar este trabajo dentro del Gobierno de Navarra, se realizaron ciertas reuniones donde se expusieron los objetivos del proyecto Copernicus en el que estoy involucrado. Uno de los objetivos principales de las reuniones era disponer de una base de datos para el Gobierno de Navarra con todas las imágenes de Navarra disponibles de todos los Sentinel operativos. Para ello, se debía automatizar la descarga de las imágenes y almacenarlas correctamente. Una aplicación que estuviera programada en los servidores del Gobierno de Navarra y semanalmente obtenga todas las imágenes disponibles.

Ante el abanico de posibilidades para realizar la aplicación, se realizó un estudio para ver cuales podían ser las opciones más interesantes para realizar el trabajo. Tras buscar información en la página oficial <https://scihub.copernicus.eu/>, se obtuvo información de protocolos de acceso a datos basada en protocolos básicos como HTTP y metodologías comúnmente aceptadas como REST que puede ser manejado por un amplio conjunto de herramientas de cliente tan simple como navegadores Web comunes, descargar-gerentes o programas informáticos, tales como Curl o wget. Por ello, la primera opción era trabajar con PHP que es compatible con Curl y está orientado a bases de datos.

Curl es una librería de funciones para conectar con servidores para trabajar con ellos. El trabajo se realiza con formato URL. Es decir, sirve para realizar acciones sobre archivos que hay en URLs de Internet, soportando los protocolos más comunes, como http, ftp, https, etc. Para ello se usaría el lenguaje PHP. No obstante, se necesitaba correr un servidor interno en el propio ordenador para hacer pruebas y avanzar en el proceso de aprendizaje y para ello era necesario programas como WampServer.

WampServer es un entorno de desarrollo Web para Windows con el que se pueden crear aplicaciones Web con Apache, PHP y bases de datos MySQL database. También incluye PHPMyAdmin y SQLiteManager para manejar bases de datos. El problema fue que en los ordenadores del Gobierno de Navarra no estaba disponible WampServer y no era viable su instalación. En cambio, desde el Gobierno de Navarra

ofrecieron una solución con Netbeans/Eclipse (Java) que si estaba disponible en los ordenadores del Gobierno de Navarra.

Había 2 posibles soluciones para desarrollar el proyecto en Java. Estaba la librería HttpClient y la librería Selenium.

HttpClient, proporciona un amplio y elegante Framework para realizar las tareas de comunicación HTTP en el lado cliente. Es la evolución de `java.net.HttpURLConnection` y `java.net.URL`, prácticamente las únicas clases que proporciona J2SE para abstraer un poco de las comunicaciones bajo HTTP.

Selenium es un entorno de pruebas de software para aplicaciones basadas en la Web. Selenium provee una herramienta de grabar/reproducir para crear pruebas sin usar un lenguaje de scripting para pruebas (Selenium IDE). Incluye también un lenguaje específico de dominio para pruebas (Selanese) para escribir pruebas en un amplio número de lenguajes de programación populares incluyendo Java, C#, Ruby, Groovy, Perl, Php y Python.

Finalmente, la elegida fue Selenium porque actualmente es una de las herramientas más difundidas en el tema de automatización, de código abierto y muy útil para el de Testing de software. Los inconvenientes de usar Selenium fue en un principio no hay mucha documentación por la red y dependes del código HTML de la página donde trabajas, pero esto último puede ser optimizado con un lenguaje robusto ante cambios.

Otro problema ha sido la falta de espacio en disco del ordenador. Hay que tener en cuenta que las imágenes/archivos que se descargan son entre 1.5-8 GB por lo tanto una descarga considerable de imágenes necesitaría gran parte del espacio en disco. Para ello el Gobierno de Navarra tiene pensado usar el 2º CPD (es una sala de gran tamaño usada para mantener en él una gran cantidad de equipamiento electrónico) donde están los nuevos servidores que utilizaran para almacenamiento de todas las imágenes entre otras cosas.

4.3.2. PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN

La herramienta fundamental para realizar la programación de la aplicación ha sido Eclipse. Esta herramienta se puede configurar para trabajar con Selenium ya que son compatibles.

Eclipse es una plataforma de software compuesto por un conjunto de herramientas de programación de código abierto. Esta plataforma, típicamente ha sido utilizada para desarrollar entornos de desarrollo integrados (del inglés IDE). Eclipse fue desarrollado originalmente por IBM como el sucesor de su familia de herramientas para VisualAge. Eclipse es ahora desarrollado por la Fundación Eclipse, una organización independiente sin ánimo de lucro que fomenta una comunidad de código abierto y un conjunto de productos complementarios, capacidades y servicios [13].

En sus comienzos el Gobierno de Navarra quería disponer de una aplicación específica para obtener imágenes de Navarra. Para ello se desarrolló un programa donde introduciendo un conjunto de parámetros donde especificabas la región y el intervalo de tiempo se obtenía las imágenes solicitadas automáticamente. Debido a una reunión a principios de abril, se decidió ampliar las dimensiones del proyecto y expandir el proyecto para que no se sea exclusivo para Navarra y pueda obtener imágenes de cualquier región del planeta. Además, poder configurar el programa para obtener imágenes del mismo lugar semanalmente. Por último, hacía falta otro programa para organizar en una base de datos todas las imágenes correctamente.

Para realizar todos los objetivos de la aplicación se ha diseñado 3 programas principales donde cada uno de ellos tiene una función determinada. Estos son los 3 programas:

1. Copernicus
2. Ejecutable
3. Comprobador

4.3.2.1. COPERNICUS

Este fue el primero de los 3 programas y en un principio iba a ser el único y por ello tiene el nombre que hace referencia al proyecto. Además, es el más importante de los 3 debido a que los otros dependen de este para poder funcionar. Este programa realizado en Java tiene incorporada la librería Selenium para poder interactuar con el navegador y realizar automáticamente la descarga de las imágenes. También incorpora un conjunto de campos donde introducir los parámetros que se van a enviar. Este sería un ejemplo de cómo usar este programa.

Inicialmente debemos tener en una carpeta los siguientes programas: el Copernicus, el Ejecutable, el Comprobador y una carpeta Web Drivers. Esta última carpeta permite el uso de Selenium en cualquier ordenador. Como se puede apreciar en la siguiente imagen.

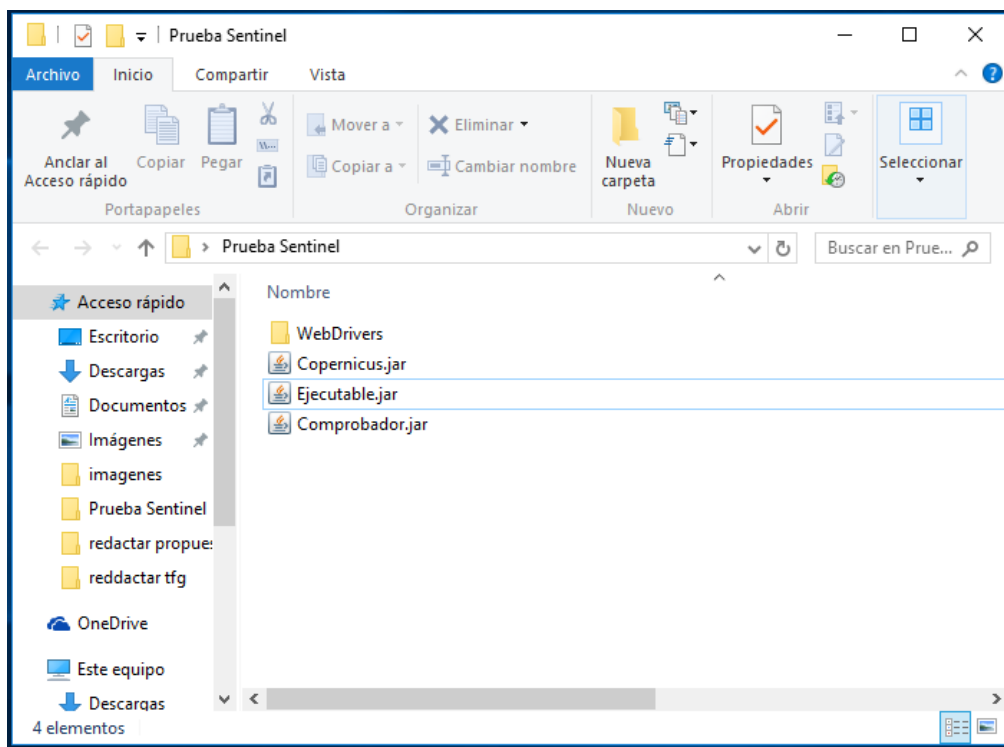


Figura 4.7 Carpeta con los programas

El siguiente paso que se debe realizar es el de lanzar el programa de Copernicus.jar para introducir los parámetros necesarios para obtener las imágenes. Se

puede ver en la siguiente imagen que en el mismo programa tenemos un pequeño tutorial para seguir los pasos necesarios. En este pequeño formulario solo se debe introducir el navegador con el que queremos lanzar el programa y la velocidad del usuario que tiene en su red. Esto último tiene importancia porque la aplicación trabaja con el código HTML de la página y para realizar la descarga de las imágenes.

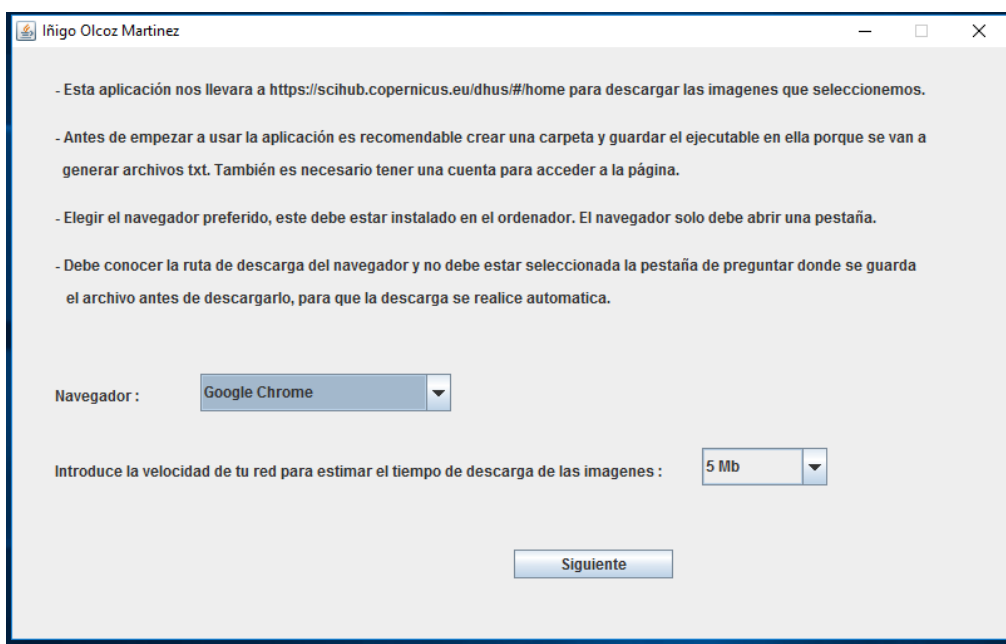
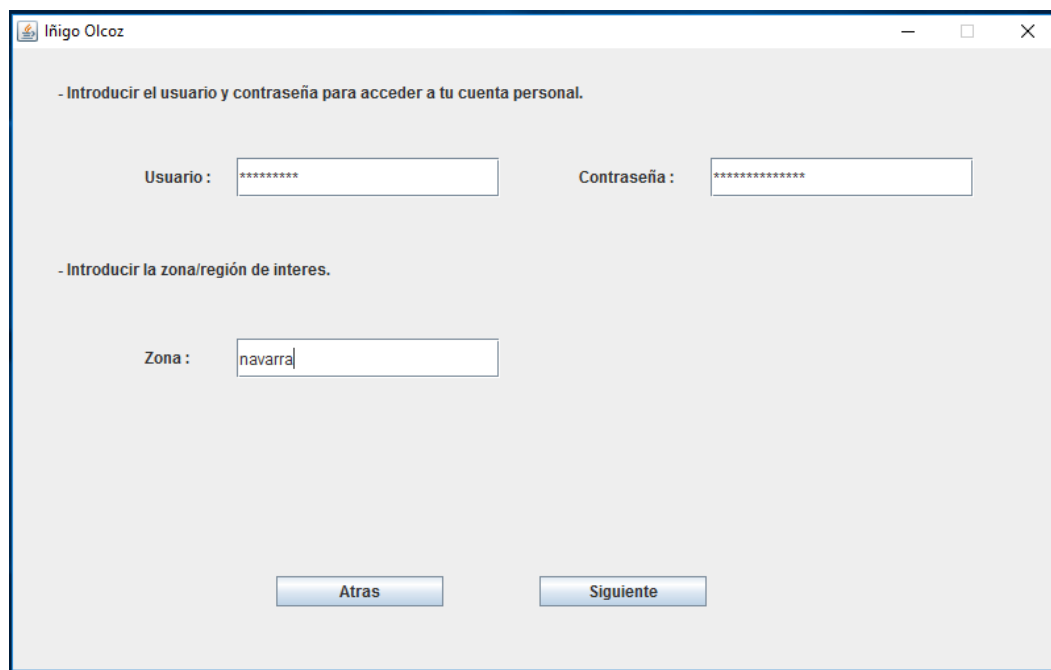


Figura 4.8 Formulario del navegador y velocidad de la red

A continuación, se debe introducir el usuario, contraseña y la región que quieres obtener las imágenes. El usuario y contraseña se pueden obtener en la página <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> como se ha explicado anteriormente.

La región es preferible que no sea mayor que una comunidad autónoma. Es decir, cuanto más precisos seamos en buscar una región concreta más éxito tendremos en la búsqueda. Esta búsqueda la realiza la propia página oficial <https://scihub.copernicus.eu> por lo tanto, conseguiremos mejores resultados si, por ejemplo, se busca las imágenes de una ciudad que realizar una búsqueda por país.



Iñigo Olcoz

- Introducir el usuario y contraseña para acceder a tu cuenta personal.

Usuario : *****

Contraseña : *****

- Introducir la zona/región de interes.

Zona : navarra

Atras

Siguiente

Figura 4.9 Usuario, contraseña y región

En el siguiente formulario hay 2 opciones para elegir. Por un lado, la opción de “Enviar” llevará a otro formulario donde se debe introducir los parámetros para las fechas y luego se puede enviar la solicitud de las imágenes. La otra opción es para generar un archivo de texto para que pueda funcionar el programa Ejecutable. El Ejecutable a diferencia de Copernicus no necesita introducir ningún parámetro porque los lee desde este archivo de texto llamado “datosEjecutable.txt” que se genera a continuación. Además, las fechas las coge por defecto, ajustando como fecha final el día actual y fecha comienzo una semana antes. De este modo, el programa Ejecutable está orientado para lanzarlo automáticamente desde las tareas programadas del ordenador con una repetición semanal, es decir, cada semana el ordenador lanzará el programa Ejecutable automáticamente.

Por todo ello, el Copernicus es el programa más importante de los 3. Porque por un lado es capaz de realizar una consulta para obtener las imágenes y es el encargado de generar el archivo “datosEjecutable.txt” para que funcione el Ejecutable. El programa Comprobador busca en un directorio las imágenes descargadas, así que de forma indirecta también depende de los anteriores. En esta imagen podemos ver el formulario.

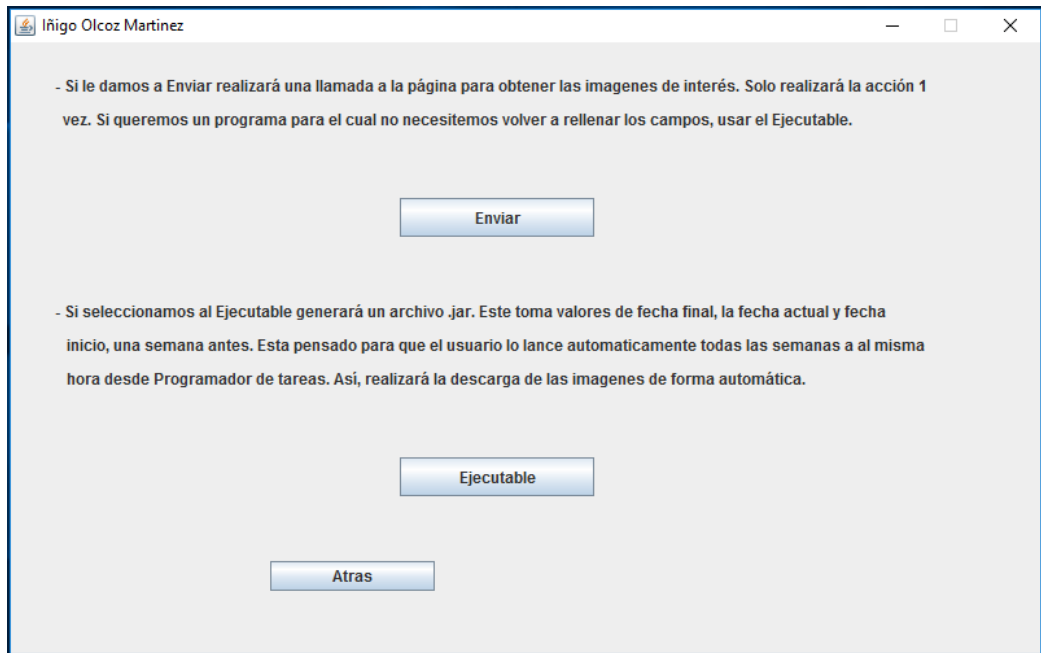


Figura 4.10 Formulario enviar y ejecutable

En el caso de elegir enviar, aparecerá otro formulario donde debemos determinar las fechas de inicio y fin de las imágenes a buscar. Este formulario está preparado para introducir las fechas correctamente, así que si ponemos la fecha inicio posterior a la final nos dirá que las fechas no son válidas o si ponemos fechas que no existen también aparecerá lo mismo. Se aprecia en esta imagen.

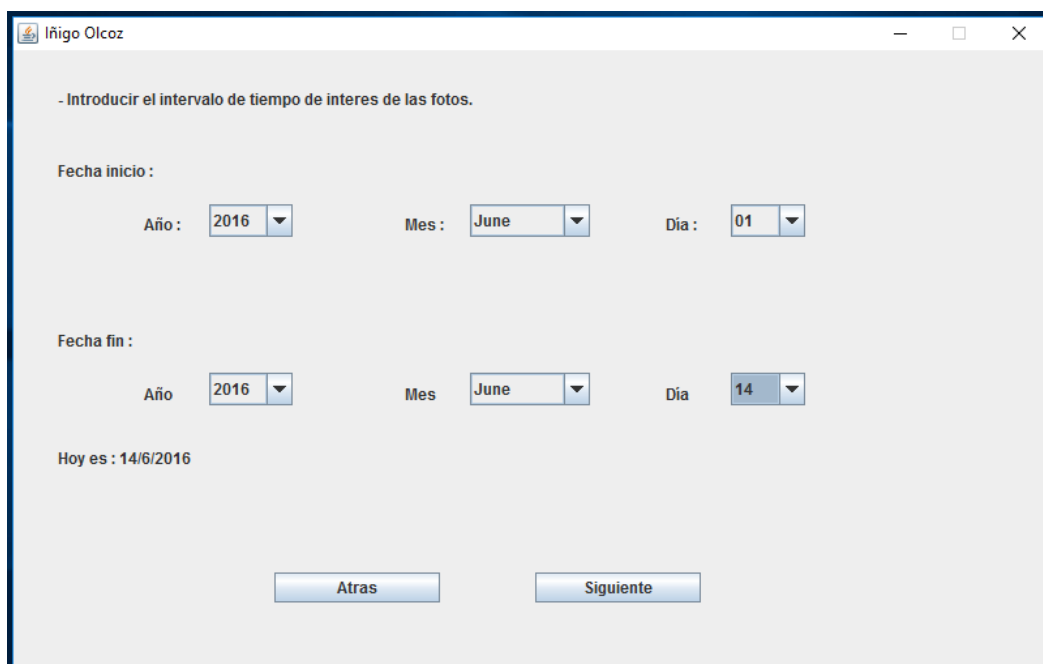


Figura 4.11 Formulario fechas

Por último, se obtiene el último formulario para comenzar la descarga de las imágenes. En un cuadro en blanco aparece todos los parámetros que se habían rellenado anteriormente para comprobar que todos ellos son correctos, de esta forma es posible retroceder y cambiar algún parámetro erróneo en el caso que así sea. Se observa en esta imagen.

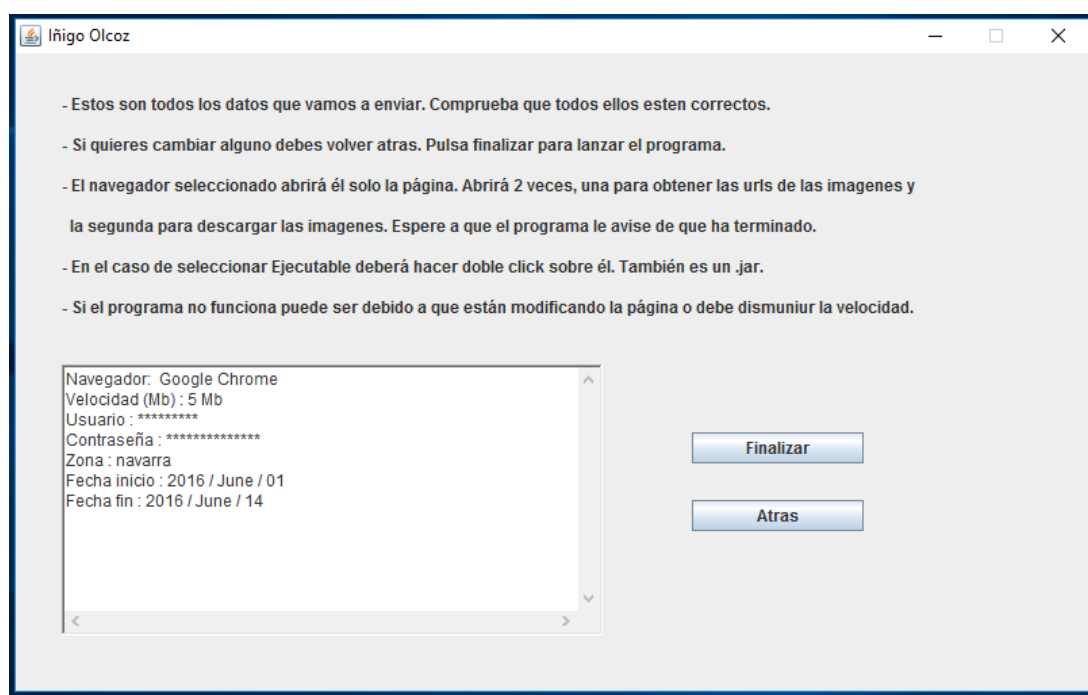
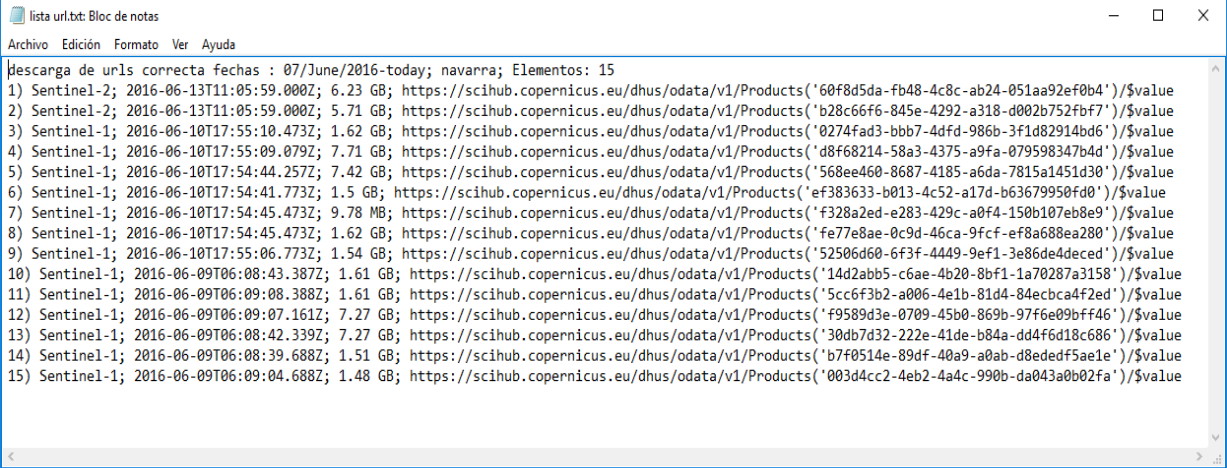


Figura 4.12 Formulario todos los parámetros

Una vez terminado los formularios se puede pulsar "Finalizar" para comenzar las descargas. Cuando se pulsa, el propio programa abrirá una página del navegador y se conectará a la página <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Ahora es donde Selenium realiza su función. Será encargado de realizar todos los pasos explicados en el apartado 4.2. Descarga Manual. Selenium simula una interacción con el navegador de la misma forma que realizaría una persona con el ratón y el teclado, de esta forma se puede obtener toda la información necesaria para realizar la descarga.

Debido a que la propia página limita a 2 descargas simultaneas y si lanzamos una 3 descarga no se queda a la espera, sino que te muestra un código HTML y te tira la petición no es óptimo realizar la descarga desde las opciones de pulsado de el botón de descarga o la URL de descarga que te ofrece directamente la página. La solución que el programa va a realizar es copiar todas las URLs de las imágenes y almacenarlas en un archivo de texto llamado " lista url.txt". Se puede ver un ejemplo de este archivo en la siguiente imagen.



```

descarga de urls correcta fechas : 07/June/2016-today; navarra; Elementos: 15
1) Sentinel-2; 2016-06-13T11:05:59.000Z; 6.23 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('60f8d5da-fb48-4c8c-ab24-051aa92ef0b4')/$value
2) Sentinel-2; 2016-06-13T11:05:59.000Z; 5.71 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('b28c66f6-845e-4292-a318-d002b752fbf7')/$value
3) Sentinel-1; 2016-06-10T17:55:10.473Z; 1.62 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('0274fad3-bbb7-4dfd-986b-3f1d82914bd6')/$value
4) Sentinel-1; 2016-06-10T17:55:09.079Z; 7.71 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('d8f68214-58a3-4375-a9fa-079598347bd4')/$value
5) Sentinel-1; 2016-06-10T17:54:44.257Z; 7.42 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('568ee460-8687-4185-a6da-7815a1451d30')/$value
6) Sentinel-1; 2016-06-10T17:54:41.773Z; 1.5 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('ef383633-b013-4c52-a17d-b63679950fd0')/$value
7) Sentinel-1; 2016-06-10T17:54:45.473Z; 9.78 MB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('f328a2ed-e283-429c-a0f4-150b107eb8e9')/$value
8) Sentinel-1; 2016-06-10T17:54:45.473Z; 1.62 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('fe77e8ae-0c9d-46ca-9fcf-ef8a688ea280')/$value
9) Sentinel-1; 2016-06-10T17:55:06.773Z; 1.54 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('52506d60-6f3f-4449-9ef1-3e86de4decad')/$value
10) Sentinel-1; 2016-06-09T06:08:43.387Z; 1.61 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('14d2abb5-c6ae-4b20-8bf1-1a70287a3158')/$value
11) Sentinel-1; 2016-06-09T06:09:08.388Z; 1.61 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('5cc6f3b2-a006-4e1b-81d4-84ecbca4f2ed')/$value
12) Sentinel-1; 2016-06-09T06:09:07.161Z; 7.27 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('f9589d3e-0709-45b0-869b-97f6e09bfff46')/$value
13) Sentinel-1; 2016-06-09T06:08:42.339Z; 7.27 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('30db7d32-222e-41de-b84a-dd4f6d18c686')/$value
14) Sentinel-1; 2016-06-09T06:08:39.688Z; 1.51 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('b7f0514e-89df-40a9-a0ab-d8ededf5ae1e')/$value
15) Sentinel-1; 2016-06-09T06:09:04.688Z; 1.48 GB; https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('003d4cc2-4eb2-4a4c-990b-da043a0b02fa')/$value

```

Figura 4.13 Lista Urls

Como dispone la URL de cada imagen puede realizar la descarga de las imágenes de forma controlada lanzando 2 peticiones simultaneas y esperar a que termine para lanzar las siguientes y no perder ninguna petición. Como no es posible obtener el tiempo exacto que va a tardar en realizar la descarga de la imagen necesita estimar el tiempo de descarga. Es por ello, que anteriormente uno de los parámetros que pedía el formulario era la velocidad del usuario que tiene en su red. De esta forma, es posible realizar una aproximación del tiempo que va a costar realizar la descarga.

En el supuesto de no descargar las Urls correctamente debido a falta de conexión a Internet, la página web estaba en reparaciones o el programa ha fallado. No aparecerá el listado de Urls que se apreciar, sino que mostrará “error en el proceso”. Esta acción también sucederá de la misma forma con el programa Ejecutable.

En el caso de elegir la opción de “Ejecutable” en vez de “Enviar” aparecerá un formulario similar al de la Figura 4.12 pero no aparecerán los parámetros de las fechas ya que no son necesarias porque se ponen por defecto. Se puede apreciar en esta imagen.

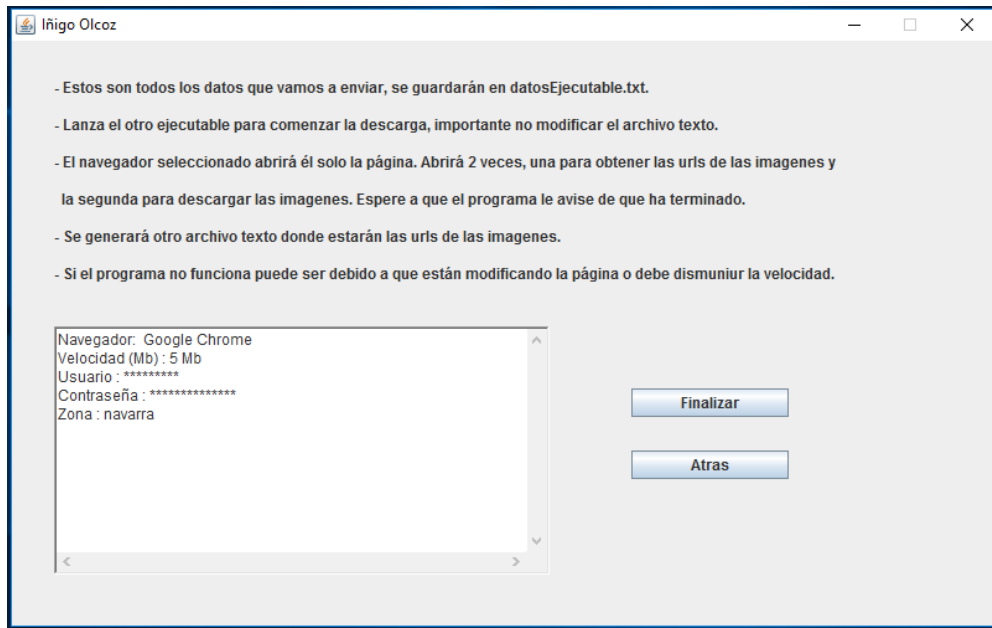


Figura 4.14 Formulario parámetros Ejecutable

Este formulario es el encargado de generar el documento de texto “datosEjecutable.txt” que es necesario para el funcionamiento del programa Ejecutable. Este es un ejemplo de cómo es el archivo.

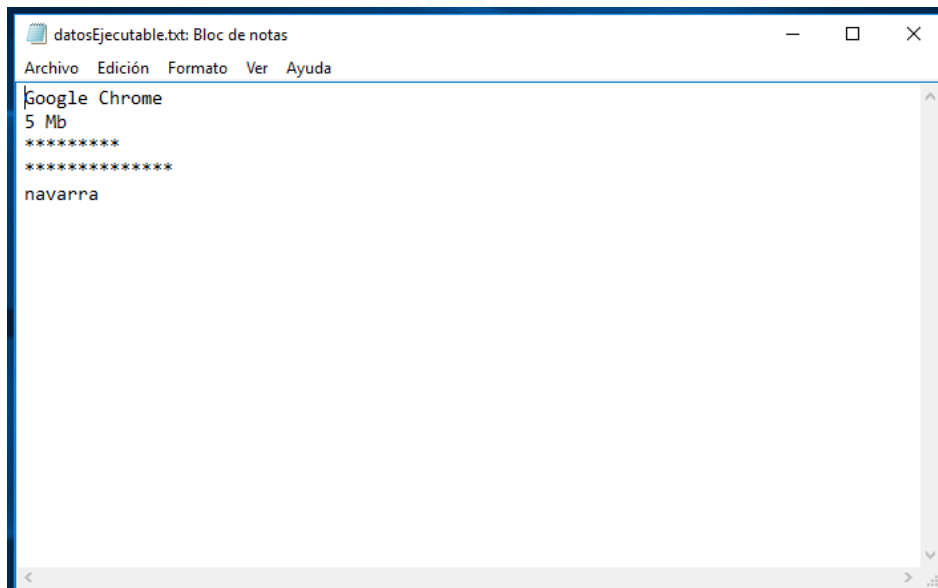


Figura 4.15 datosEjecutable.txt

Como el programa Copernicus es capaz de generar distintos archivos de “datosEjecutable.txt” es muy flexible para el uso de los usuarios que tengan una cuenta y deja de ser un programa restringido al uso de obtener imágenes exclusivamente para Navarra y abre la posibilidad de elegir distintas regiones.

4.3.2.2. EJECUTABLE

El programa Ejecutable es muy parecido en comportamiento al Copernicus. La diferencia fundamental es que no hay ningún formulario que rellenar para que entre en funcionamiento, es decir, mediante la lectura de un archivo de texto “datosEjecutable.txt” obtiene todos los parámetros necesarios para realizar la descarga.

Por otra parte, este programa también incorpora la librería de Selenium para automatizar la descarga y su programación es muy similar a la del programa Copernicus, ya que comparten el mismo objetivo. Primero consiguen las Urls de todas las imágenes y las almacenan en un archivo “lista url.txt” y a continuación realizan la descarga de la misma forma. En el caso de error también aparecerá “error en el proceso” en vez de la lista de Urls.

La ventaja fundamental de este programa es su finalidad. Está preparado para lanzarlo automáticamente desde “el Programador de tareas” que incorpora el propio ordenador y configurarlo para que todas las semanas se lance el programa y descargue las imágenes de dicha semana. Como no es necesario rellenar ningún formulario no hace falta estar presente cuando se ejecute el programa.

4.3.2.3. COMPROBADOR

Este programa tiene el objetivo de comprobar el correcto funcionamiento de los otros dos programas anteriores y corregirlo si es debido.

En primer lugar, este programa necesita un archivo de texto llamado "Directorios.txt" del cual obtiene 2 directorios. El primero es el directorio donde están almacenadas todas las imágenes que se han descargado desde la página <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> y todas ellas están comprimidas en el formato Zip. El segundo directorio es donde el programa almacenará dichas imágenes descomprimidas. Este sería un ejemplo del archivo.

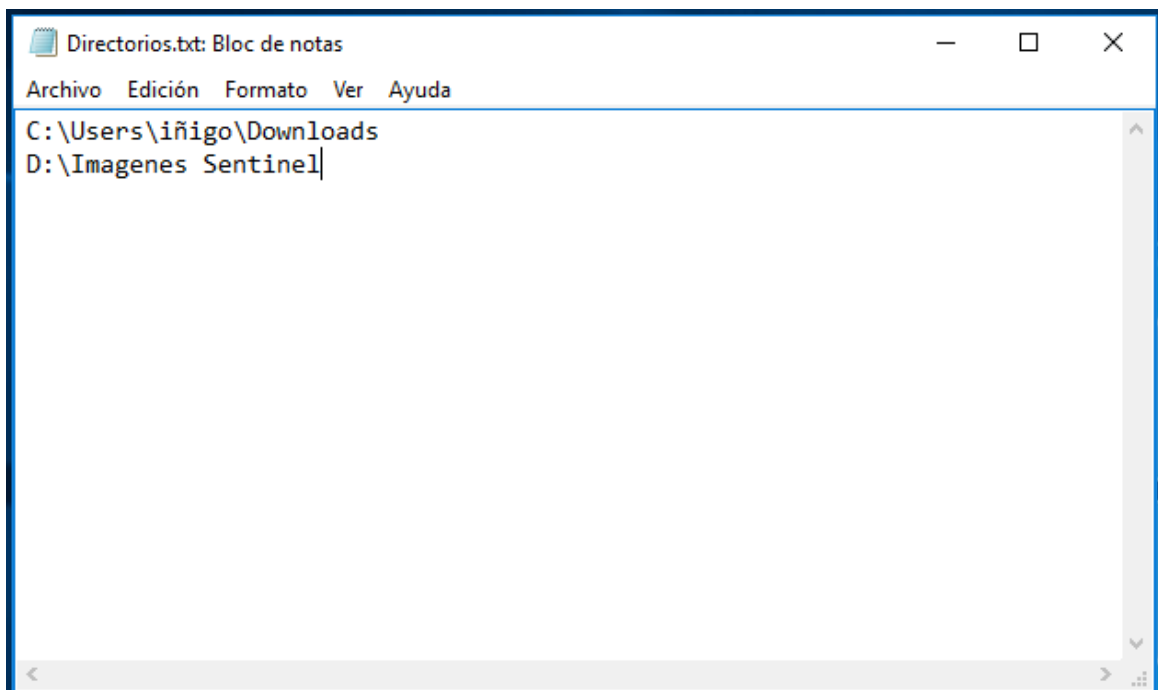


Figura 4.16 Directorios.txt

La primera labor de este programa es comprobar que en el archivo de texto "lista url.txt" no aparece "error en el proceso" de ser el caso, este programa realizaría la misma labor que el programa Ejecutable con el fin de obtener la lista de Urls y proceder la descarga.

Por el contrario, si la descarga de las Urls ha sido correcta, el programa puede empezar a organizar y descomprimir las imágenes. El programa lee el archivo "Directorios.txt" y obtiene la ruta de origen y destino de los archivos. También es capaz de identificar por el nombre los archivos Zip que corresponden a las imágenes del Sentinel descargados anteriormente respecto a otros archivos de otro uso personal. A continuación, hace las separaciones entre los distintos Sentinel, los distintos años y meses para poder clasificarlos de una manera más eficaz.

Después, realiza la descompresión de cada archivo y comprueba que el archivo no está corrupto. Cuando se realizan descargas de archivos de gran tamaño puede resultar que no todos los paquetes del archivo se hayan descargado correctamente o falten paquetes por descargar, por ello algunos archivos Zip pueden resultar dañados o corrupto. Si el archivo está dañado el programa lo apunta en un archivo de texto "listaAuxiliar url.txt" y lo elimina. Después de hacer una comprobación en todos los archivos y apuntar los corruptos, el programa descarga automáticamente los archivos de la "listaAuxiliar url.txt". De esta forma, puede obtener los archivos que le faltaban. Además, si encuentra algún archivo duplicado lo borra automáticamente para no tener información redundante.

El fin de este programa es lanzarlo varias veces a la semana para depurar los posibles errores que se hayan podido producir en la descarga de las Urls o las imágenes. En el caso, de un correcto funcionamiento la "listaAuxiliar url.txt" estará vacía y no realizará ninguna descarga. Así, se asegura el correcto funcionamiento de la descarga de las imágenes y se solucionan los posibles fallos en las descargas.

4.3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el trabajo son bastante satisfactorios debido a que cumple los objetivos propuestos en el proyecto. Por un lado, el trabajo tiene una metodología de ejecución exitosa, ya que el código de programación no da ningún problema salvo en situaciones excepcionales y existe una parte del mismo trabajo encargada de actuar ante cualquier posible fallo en la ejecución.

No obstante, existen limitaciones externas que pueden perjudicar al éxito del trabajo. Como ya es sabido, tanto el programa Copernicus como el Ejecutable se conectan directamente a la página oficial para descargar las imágenes. El inconveniente puede ser que la página este en reparación debido a actualizaciones o fallos que pueda tener. En ese caso, no podemos acceder a las imágenes.

De cara a la evolución del proyecto, puede ser interesante no depender de un navegador para realizar la automatización de la descarga de imágenes y así no ser vulnerable ante cambios del HTML. También buscar otra alternativa para sustituir al Programador de tareas del ordenador por otro sistema que no requiera de permisos para lanzar los programas.

4.3.4. ALMACENAMIENTO Y SERVICIOS

Respecto a al trabajo, las imágenes que se han descargado y con las que se ha realizado las pruebas necesarias para el correcto funcionamiento han sido almacenadas en un disco duro externo para no sobrecargar la memoria interna del ordenador, ya que en cada vez que realizaba un conjunto de descargas utilizaba decenas de GB. La propuesta por parte del Gobierno de Navarra es utilizar uno de los CPD que tiene a disposición para lanzar esta aplicación en sus servidores y almacenar todas las imágenes.

De esta forma, obtendrá una gran base de datos con todas las imágenes de Navarra a su disposición. A su vez, el SITNA (Sistemas Información Territorial Navarra) [14], quiere utilizar este conjunto de imágenes para su tratamiento y estudio. El SITNA tiene un Geoportal de Navarra que es un proyecto corporativo del Gobierno de Navarra dedicado a quienes utilizan la información referida al territorio de nuestra Comunidad. Uno de los principales objetivos de este Geoportal es conseguir una mayor integración entre todas las iniciativas relacionadas con el Sistema de Información Territorial de Navarra. Las características del Geoportal son:

- Acorde a la imagen corporativa del Portal de Navarra.
- Visualizador Web de mapas a pantalla completa.
- Compatibilidad del visualizador de mapas con los navegadores más utilizados (Internet Explorer, Firefox, Safari y Chrome).
- Amplia variedad de capas de información disponibles.
- SITNAMAP: Descarga libre de una herramienta SIG y datos sobre Navarra.
- Búsquedas de información.
- Variedad de contenidos y apartados: metadatos, glosario, preguntas frecuentes, etc.
- El Geoportal de Navarra está disponible en castellano, euskera e inglés.

En relación con las imágenes, implementarán una plataforma de servicios al que tendrán acceso universidades, colegios, empresas y otros organismos de Navarra que estén interesados en el estudio de las imágenes. También tienen pensado utilizar “servicios en caliente”.

Cuando en esta plataforma se seleccione una región del mapa de Navarra para estudiar y una fecha determinada, la base de datos proporcionará un conjunto de imágenes. Una vez seleccionada una imagen de interés, habrá un conjunto de servicios disponibles para procesar en la imagen como, por ejemplo, estudio del regadío, la flora, las inundaciones entre otras. Entonces, la plataforma realizará los procesos necesarios para realizar el tratamiento del servicio y que el usuario se descargue el producto final sin necesidad de descargarse la imagen del Sentinel, que es muy pesada o el servicio de tratamiento de imagen. Este proceso se determina “servicios en caliente” porque el usuario obtiene información valiosa de un producto en un intervalo de tiempo reducido.

De momento, no hay propuestas similares en el resto de comunidades autónomas de España, por lo que Navarra es puntera en esta tecnología y se está trabajando en conjunto con el Gobierno de Francia para temas de interés mutuo como el estudio de los Pirineos donde esta plataforma tendrá una considerable importancia. Del mismo modo, tras la puesta en marcha del proyecto se espera que en el resto de comunidades se planteen iniciativas de proyecto similares a esta.

4.3.5. FUNCIONAMIENTO

Con este diagrama de bloques se puede apreciar las fases de ejecución de la aplicación y se obtiene una perspectiva más visual de los 3 programas. Se recuerda que:

- El Copernicus:
 - Descarga las imágenes.
 - Crea el archivo datosEjecutable.txt para el Ejecutable.
- El Ejecutable
 - Descarga las imágenes.
- El comprobador
 - Comprueba la descarga correcta.
 - Vuelve a pedir las imágenes mal descargadas
 - Descomprime y almacena las imágenes correctas.

El diagrama de bloques:

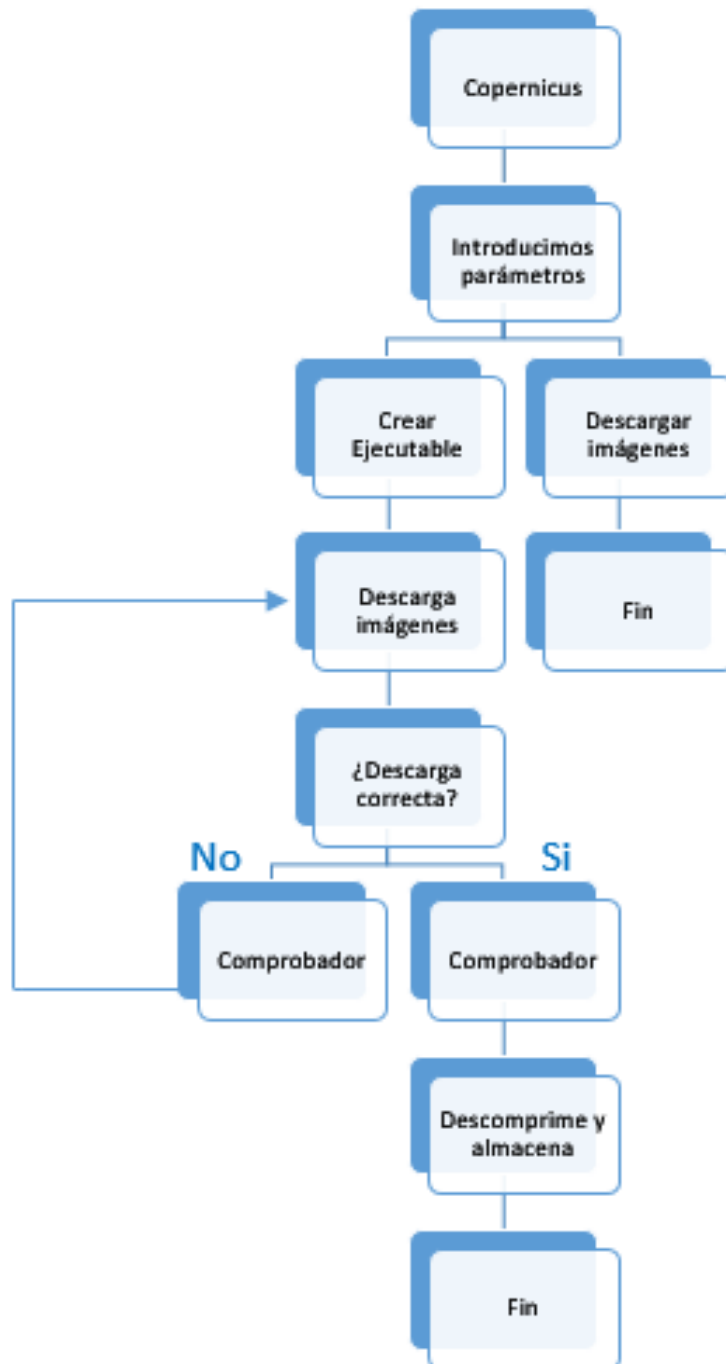


Figura 4.17 Funcionamiento

5. CONCLUSIONES

Los objetivos del trabajo eran obtener una aplicación capaz de obtener las imágenes de Navarra de los satélites Sentinel de forma automática semanalmente. Para ello, se ha creado una aplicación en Java que se basa en 3 programas que descargan las imágenes, las ordena según sus características y comprueba que no se ha producido ningún error. También se ha cumplido uno de los últimos objetivos que era crear una aplicación flexible para que no esté restringido a dar servicio exclusivamente para las imágenes de Navarra. La aplicación está capacitada para el uso de cualquier persona que tenga una cuenta en <https://scihub.copernicus.eu/> y tiene la posibilidad de elegir una región de interés para obtener las imágenes.

En la programación en Java se ha utilizado la librería Selenium para realizar la automatización de la descarga de las imágenes. Selenium es una herramienta muy potente porque te permite interactuar con el navegador de la misma forma que lo haría una persona.

Por todo ello, se han cumplido todos los objetivos de la propuesta del trabajo y está preparado para su funcionamiento de forma inminente, ya que en breves semanas este programa estará corriendo en los servidores del Gobierno de Navarra donde descargará y almacenará las imágenes para su estudio. Este conjunto de imágenes aportará grandes beneficios para el estudio de Navarra. Estas imágenes pueden ser utilizadas para el estudio del cambio climático, inundaciones, espesor de la nieve, estudio de la flora, estudios de regadíos de los cultivos. El Gobierno de Navarra tiene como objetivo facilitar una plataforma de servicio de procesado y tratamiento de imagen de estas fotos de cara al público de forma rápida, para poder descargarse la imagen procesada según el servicio que solicite.

Los problemas más importantes del trabajo se basan en las limitaciones del uso de Selenium para automatizar los procesos. Selenium trabaja directamente con el código HTML de las páginas, por lo tanto, un cambio drástico en la página oficial de <https://scihub.copernicus.eu/> o la no disponibilidad de dar servicio por motivos de reparación de la misma página imposibilitan la descarga de las imágenes. No obstante, ante pequeños cambios en la página el código utilizado es lo suficientemente flexible para funcionar correctamente y en el segundo problema existe un parte del código

implementado para solucionar este error que corresponde al programa Comprobador. Como las reparaciones de la página como máximo abarcan 2 o 3 días, este programa es capaz recuperar las imágenes que no se obtuvieron durante esos días.

En mi opinión este trabajo ha resultado ser interesante por diversos motivos. En primer lugar, en este proyecto he obtenido destrezas y habilidades para encontrar soluciones en proyectos cuyo fin nunca antes había trabajado y mayor confianza a la hora de afrontarlos. También he aprendido a buscar información valiosa en Internet ante la falta de documentación técnica en temas de programación con Selenium [15]. Además, me llama la atención participar en un proyecto de gran dimensión donde la materia prima del proyecto se basa en la participación del proyecto que me corresponde y ver las posibilidades tecnológicas que se van a poder desarrollar en un futuro próximo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [0] http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm.
- [1] Página oficial: <https://scihub.copernicus.eu/>.
- [2] Objetivo de la inversión de Europa en los satélites Copernicus:
<http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/calls/h2020-eo-2015.htm>.
- [3] https://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_de_observaci%C3%B3n_terrestr.
- [4] F.Teran Naranjo y L.A.Viteri Hermoza «Procesamiento de imágenes satelitales para determinación de cambios de cobertura vegetal y deforestación» Proyecto Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Quito 2005.
- [5] http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMZQYD3GXF_0.html.
- [6] http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA_11_FOTOGRAFIA_Y_TELEDETECCION/Teledeteccion/microsoft-word-teledeteccion_y_sist_tratamiento_digital_imagenes.pdf.
- [7] <http://www.teledet.com.uy/>.
- [8] <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad3/sensores.htm>.
- [9] http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_ES/SEMVKXF64RH_0.html.
- [10] http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEM4Y4E3GXF_0.html.
- [11] http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEM4Y4E3GXF_0.html.
- [12] <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6981/06CAPITOL3.pdf?sequence=6>.
- [13] http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/i_resolucion.htm.
- [14] <http://www.space-airbusds.com/es/noticias-articulos/el-programa-europeo-copernicus-explicado-por-michael-menkin-y-eckard.html>.
- [15] <http://carbajallosa.blogspot.com.es/2016/01/descarga-libre-de-imagenes-del-satelite.html>.
- [16] [https://es.wikipedia.org/wiki/Eclipse_\(software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Eclipse_(software)).
- [17] http://sitna.navarra.es/geoportal/geop_sitna/geoportal.aspx.