

Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura
Licenciatura en Sistemas de Información



***Procesamiento de datos satelitales para el uso en
un sistema de asimilación de datos del SMN***

Pedro Pablo Sánchez Vallduví

Profesor orientador: Dr. Manuel Pulido

Profesora Coordinadora: Mgter. Sonia I. Mariño

Miembros del tribunal examinador:

- Dr. Ruben A. Bernal
- Expto. José Carvallo

Año de presentación y defensa: 2017

Resumen

Este trabajo está ligado a un proyecto de desarrollo de un sistema de asimilación de datos del Servicio Meteorológico Nacional. El SMN precisa de un sistema propio, capaz de recolectar la información registrada por diversos instrumentos, de las distintas variables meteorológicas. La calidad de las condiciones iniciales determina considerablemente la certeza del pronóstico, por ello resulta necesaria la recolección de tantos datos observados como sea posible acerca del estado de las distintas variables meteorológicas para obtener una condición inicial óptima. Estos datos deben ser recopilados y transformados a un formato común para poder ser procesados en el sistema de asimilación de datos meteorológicos. En este trabajo final se ha implementado un sistema que contempla la recolección, pre-procesamiento, representación y formateo de la información obtenida sobre una variable atmosférica: la velocidad y dirección del viento en la superficie del océano, medida por el escáner 'ASCAT' a bordo del satélite MetOp-a. El software está implementado principalmente en lenguaje Python. Se puede utilizar mediante una interfaz gráfica o bien a través de la consola de comandos.

Índice de contenidos

Capítulo 1: Introducción y marco teórico.....	1
1.1 Breve estado del arte.....	1
1.2 Objetivos del trabajo final.....	4
1.2.1 Objetivo general:.....	4
1.2.2 Objetivos específicos:.....	4
1.3 Fundamentación.....	5
1.4 Conceptos teóricos básicos.....	7
1.4.1 La constelación de satélites meteorológicos MetOp.....	7
1.4.2 El instrumento ASCAT (Advanced SCATerometer).....	9
1.4.3 Formatos meteorológicos.....	17
1.4.3.1 BUFR (prepBUFR) y NetCDF.....	18
1.4.3.2 Resultados exportados en binario o texto plano.....	20
1.4.3.3 Dirección y velocidad del viento con componentes U y V.....	22
1.4.4 Thinning y Super Obbing.....	24
Capítulo 2: Metodología.....	28
2.1 Fase de Inicio.....	28
2.2 Fase de elaboración:.....	30
2.3 Fase de Construcción:.....	31
2.4 Fase de transición.....	33
Capítulo 3: Tecnologías libres. Herramientas y lenguaje de programación.....	35
3.1 Hardware:.....	35
3.2 Resumen de herramientas Utilizadas:.....	35
3.3 Herramientas adicionales:.....	36
3.4 Lenguaje de programación:.....	36
3.5 Entorno de desarrollo:.....	37
3.6 Interfaz web:.....	38
3.7 Librerías:.....	38
Capítulo 4: Resultados.....	39
4.1 Estructura del sistema desarrollado.....	40
4.2 Uso del sistema mediante la interfaz gráfica.....	41

4.2.1 Descarga de archivos ASCAT desde la interfaz.....	45
4.2.2 Procesamiento de un archivos ASCAT desde la interfaz gráfica.....	46
4.2.3 Procesamiento de la información dentro de un rango horario.....	50
4.2.4 Resumen del procesamiento y exportación de resultados.....	51
4.2.4.1 Tiempos de ejecución en casos típicos.....	54
4.2.5 Fin del procesamiento y página de despedida.....	56
4.3 Gráficos generados por el sistema.....	57
4.3.1 Ubicaciones de las observaciones en el recorrido del archivo original.....	57
4.3.2 Intensidad del viento en el archivo original.....	58
4.3.3 Ubicación de las observaciones en el área geográfica seleccionada.....	60
4.3.4 Componentes del viento en el área geográfica seleccionada.....	61
4.3.5 Ubicaciones de las observaciones restantes luego de filtrar por calidad.....	62
4.3.6 Componentes del viento en las observaciones de calidad.....	63
4.3.7 Ubicación de las observaciones resultantes luego de aplicar SuperObbing / thinning.....	65
4.3.8 Comparación antes y después de aplicar la técnica seleccionada.....	66
4.3.9 Velocidad y dirección del viento en las observaciones procesadas.....	68
4.4 Uso del sistema mediante comandos interactivos.....	70
4.4.1 Descargas o selección de archivos a procesar.....	71
4.4.2 Selección de la técnica.....	74
4.4.3 Generación de gráficos y archivos de salida.....	75
4.5 Uso del sistema mediante un solo comando.....	76
Capítulo 5: Conclusiones y trabajos futuros.....	80
5.1 Conclusiones:.....	80
5.2 Trabajos futuros.....	81
Referencias bibliográficas.....	83
Diccionario de acrónimos.....	85
Anexo 1 : Guía de instalación del sistema.....	86
A1.1 Instalación Netcdf4:.....	88
A1.2 Instalación BUFLIB:.....	89

Índice de figuras

Fig. 1.1: Retrodispersión de la señal enviada por ASCAT al interactuar con la superficie marina.....	3
Fig. 1.2: Algunos de los mayores sistemas de observación usados para evaluar el estado de la atmósfera.....	5
Fig. 1.3: Representación del proceso desde el registro de las observaciones hasta su asimilación por el SMN.....	6
Fig. 1.4: El satélite Metop y sus instrumentos.....	9
Fig. 1.5: Funcionamiento básico del instrumento ASCAT.....	10
Fig. 1.6: Especificaciones del recorrido del instrumento ASCAT.....	11
Fig. 1.7: Cobertura diaria del instrumento ASCAT sobre la faz del planeta.....	15
Fig. 1.8: Cobertura de las observaciones de calidad, en 24 horas del recorrido del instrumento ASCAT.....	16
Fig. 1.9: Ubicación de las observaciones registradas por el instrumento ASCAT en uno de los giros al rededor del planeta.....	17
Fig. 1.10: Componentes del viento U y V.....	23
Fig. 1.11: Reducción de datos sobre la dirección del viento.....	25
Fig. 1.12: Selección y descarte de observaciones al aplicar Thinning.....	26
Fig. 1.13: Nueva 'súper observación' al aplicar SO.....	27
Fig. 2.1: Casos de uso generales.....	29
Fig. 2.2: Casos de uso del sistema completo.....	32
Fig. 4.1: Módulos del sistema y sus relaciones.....	40
Fig. 4.2: Pagina de inicio del sistema.....	42
Fig. 4.3: Menú de descarga de archivos ASCAT.....	44
Fig. 4.4: Menú de procesamiento de un archivo ASCAT.....	45
Fig. 4.5: Menú de procesamiento de archivos ASCAT según un rango horario parametrizable.....	45
Fig. 4.6: Mensaje de descarga correcta de archivos.....	46
Fig. 4.7: Validación de fechas a descargar.....	46
Fig. 4.8: Ventana de selección de archivo.....	47
Fig. 4.9: Ingreso de parámetros de procesamiento. Parte 1.....	48
Fig. 4.10: Ingreso de parámetros de procesamiento. Parte 2.....	48
Fig. 4.11: Resumen del procesamiento y opciones de exportación de resultados.....	52
Fig. 4.12: Almacenamiento de los archivos de salida.....	53

Fig. 4.13: Despedida del sistema y agradecimiento.....	56
Fig. 4.14: Gráfica de la ubicación de las observaciones en el lote de datos original.....	57
Fig 4.15: Ampliación de la Fig 4.14, sobre el área Argentina.....	58
Fig. 4.16: Ejemplo, gráfica de la Intensidad del viento en el archivo original.....	59
Fig. 4.17: Ampliación de la Fig. 4.16. Viento en la costa oeste de EEUU y Canadá.....	59
Fig. 4.18: Ejemplo, observaciones incluidas dentro del área default.....	60
Fig. 4.19: Ejemplo, intensidad y dirección del viento en archivo original.....	61
Fig. 4.20: Ampliación de la Fig. 4.19. Dirección e intensidad del viento en archivo original...62	62
Fig. 4.21: Ubicación de las obs. luego de filtrar aquellas que no garantizan calidad.....	63
Fig. 4.22: Ejemplo, intensidad y dirección del viento en el lote de datos a procesar.....	64
Fig. 4.23: Ampliación de Fig. 4.22. Datos filtrados por calidad.....	64
Fig. 4.24: Posición de las observaciones luego de ser procesadas.....	65
Fig. 4.25: Ubicación de las observaciones procesadas comparadas con las originales.....	66
Fig. 4.26: Ubicación de las observaciones procesadas luego de aplicar thinning.....	67
Fig. 4.27: Ubicación de las observaciones procesadas luego de aplicar SuperObbing.....	68
Fig. 4.28: Intensidad y dirección del viento resultante al procesar con amp. de 0,3 grados..	69
Fig. 4.29: Intensidad y dirección del viento resultante al procesar con amp. de 0,6 grados..	69
Fig. 4.30: Intensidad y dirección del viento resultante al procesar con amp. de 2 grados.....	70
Fig. 4.31: Menú de opciones inicial de “Modulo ASCAT” en ejecución por consola.....	72
Fig. 4.32: Ingreso de parámetros para descargar archivos ASCAT desde la consola.....	73
Fig. 4.33: Conexión a PODAAC y comienzo de la descarga de archivos desde la consola..	73
Fig. 4.34: ingreso de los límites horarios por consola.....	74
Fig. 4.35: Ingreso de los parámetros generales de procesamiento por consola.....	74
Fig. 4.36: Segundo menú de opciones en ejecución por consola interactiva.....	75
Fig. 4.37: Lista de posibles gráficos a generar.....	75
Fig. 4.38: Procesar un archivo ASCAT mediante ejecución de una instrucción por linea de comandos.....	79
Fig. 4.39: Imágenes resultantes al procesar archivo mediante una única instrucción.....	79

Índice de tablas

Tabla 1: Variables incluidas en cada observación registrada por ASCAT.....	13
Tabla 2: Información sobre los archivos binarios y de texto resultantes.....	21
Tabla 3: Tiempos de ejecución en casos típicos.....	54

Capítulo 1: Introducción y marco teórico

1.1 Breve estado del arte

El Servicio Meteorológico Nacional Argentino (SMN) tiene como misión observar, comprender y predecir el tiempo y el clima en el territorio nacional con el objeto de contribuir a la protección de la vida y la propiedad de sus habitantes y al desarrollo sustentable de su economía [1].

Unos de los productos mas importantes que realiza el SMN es la producción de pronósticos meteorológicos. Éstos se realizan a través de modelos numéricos de la atmósfera los cuales calculan la evolución del estado de la atmósfera a partir de una condición inicial.

Para producir las condiciones iniciales existe una importante red internacional de instrumentos meteorológicos los cuales colectan tantos datos como sea posible acerca del estado de la atmósfera, particularmente temperatura, presión atmosférica, vientos, humedad, etc. Los instrumentos de medición incluyen desde estaciones meteorológicas convencionales, datos de aviones, de barcos y hasta una constelación satelital. La asimilación de datos es el procedimiento estadístico que combina esta multiplicidad de datos observacionales con pronósticos de muy corto plazo [2].

Un componente fundamental de un sistema de asimilación de datos es la recopilación de todos los datos accesibles a tiempo real, su procesamiento y el registro de los mismos en un formato standard que utilizan los sistemas de asimilación, denominado BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data) [3].

El Global Telecommunication System (GTS) es el ente coordinador que se encarga de la recopilación y la distribución de las observaciones meteorológicas y la información procesada en el marco del World Weather Watch. Está implementado y es operado por los miembros de la WMO (World Meteorological Organization); ya sean Servicios Meteorológicos Nacionales u organizaciones internacionales tales como ECMWF o EUMETSAT. Es una red de comunicación segura, que permite el intercambio en tiempo real de información de calidad, necesaria para la predicción, asegurando que todos los miembros tengan acceso al conjunto de datos meteorológicos o relacionados, entre ellos el SMN [4].

Actualmente el SMN utiliza los datos generados por el sistema de asimilación de datos del National Center for Environmental Prediction (NCEP) de los Estados Unidos [5].

Es decir, el NCEP de los Estados Unidos, se encarga de recopilar, pre-procesar los distintos datos, para finalmente unificar sus formatos y periódicamente publicar un único archivo en formato BUFR que contenga toda la información. Este archivo es utilizado por el sistema de asimilación de datos para realizar el producto denominado análisis. Debido a los tiempos en que estos datos están disponibles y a la necesidad de agregar datos regionales, como los datos de los radares meteorológicos de la red SINARME, el SMN tiene un plan estratégico, cuyo objetivo es el desarrollo de un sistema de asimilación de datos regional que opere en forma independiente (e.g. comprendido en el proyecto ALERT.AR del Ministerio de Defensa) . Este sistema estará basado en el filtro de Kalman por ensambles [6].

Dado que la información observacional meteorológica es distribuida de forma libre por el GTS, la propuesta que surge desde el SMN en el marco del proyecto PIDDEF 1614 [7] es la de **generar este archivo en forma local** para ser utilizado por el sistema de asimilación en desarrollo. De modo tal que no se dependa de los tiempos operativos del NCEP y además se puedan incluir nuevas observaciones locales, o bien decidir con que tipos de datos trabajar, que procesamiento darle, etc.

En este trabajo se da inicio a este objetivo mediante el desarrollo de un sistema que contempla la recolección, pre-procesamiento, representación y formateo de la información obtenida sobre la **velocidad y dirección del viento en la superficie del océano**, registrada por el escaterómetro '**ASCAT**' a bordo del satélite **MetOp-a**.

El viento es una de las variables meteorológicas mas importantes y es sobre el cual se enfoca este trabajo.

MetOp es una constelación de satélites meteorológicos, es un programa realizado de manera conjunta por la ESA (European Satellite Agency) y la EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites), consta de una serie de tres satélites polares que monitorean el clima (MetOp-A, MetOp-B y MetOp-C) y por ende mejoran las previsiones meteorológicas.

ASCAT, por su parte, es un instrumento (Advanced SCATterometer) que se encuentra a bordo de los satélites de dicha constelación.

Este sensor remoto se basa en la rugosidad de la superficie marina para, mediante mediciones indirectas, calcular la intensidad y la velocidad del viento. Todos hemos visto cómo el viento perturba la superficie del mar al pasar sobre ésta, causando ondulaciones y olas; el ASCAT se basa en un principio físico llamado "retrodispersión". Este envía una señal y luego se mide la señal de retorno que vuelve al instrumento luego de interactuar con el

objetivo. En este caso, la superficie marina. Las ondulación, o bien las olas, modifican las propiedades de retrodispersión de la superficie marina, dependiendo de la velocidad y dirección del viento. De esta forma, dependiendo de la retrodispersion medida por el instrumento se determina la magnitud y dirección del viento en la superficie marina.

La Fig. 1.1 ilustra el accionar anteriormente descripto, mostrando la reflexión de la señal al interactuar con una superficie lisa, una ligeramente rugosa y otra ondulada.

Se detallará sobre estos satélites y este instrumento en el capítulo 1, secciones 1.4.1 y 1.4.2 respectivamente.

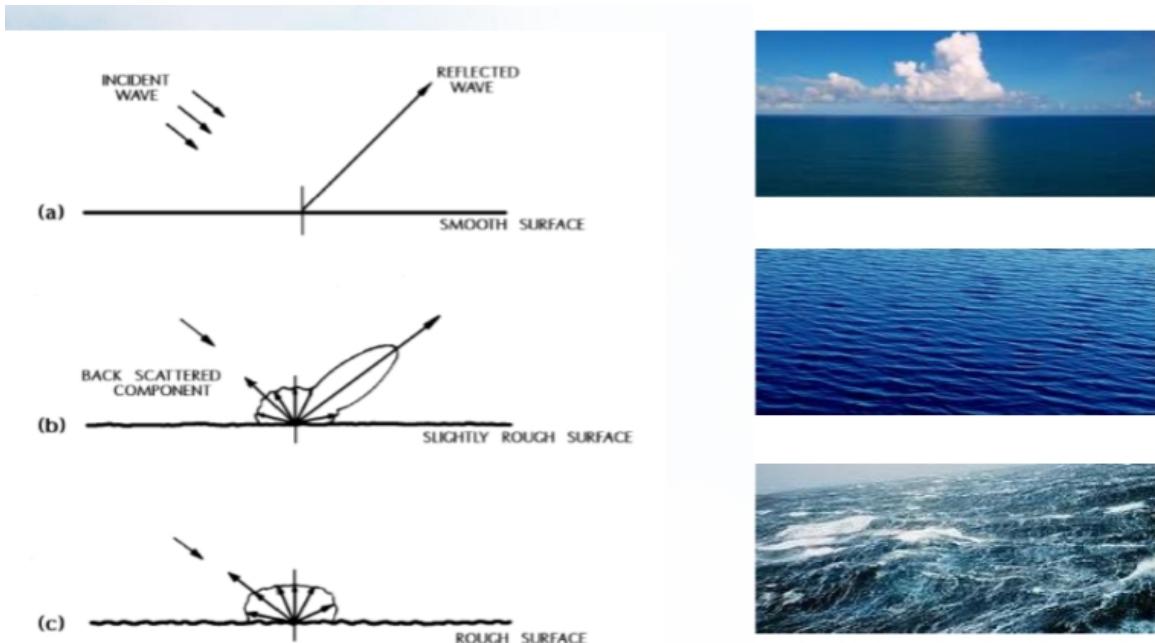


Fig. 1.1: Retrodispersión de la señal enviada por ASCAT al interactuar con la superficie marina. Fuente: [8]

El satélite en cada giro alrededor del globo realiza aproximadamente 65000 observaciones. Considerando que realiza 14 giros diarios y que cada observación está formada por un set de 12 datos (Ubicación, horario, componentes del viento, etc), se almacenan más de 10 millones de datos por día. Por este motivo resulta necesario realizar un pre-procesamiento a estos datos, a través de un compactado, antes de darles el formato necesario para la asimilación. En el presente trabajo se realizan diversos filtrados a los datos, así como se también se han implementado las técnicas de 'thinning' y 'superObbing'. Estas técnicas permiten reducir el error correlacionando de las observaciones y reducir la cantidad de mediciones, obteniendo una única observación mas representativa a partir de

un conjunto de ellas que se encuentren lo suficientemente cercanas, geográfica y temporalmente. Es decir, dado un grupo de mediciones, tomadas aproximadamente en un mismo momento y lugar, entonces es necesario procesarlas de modo tal que se obtenga como resultado una única observación que represente a todo el grupo.

Los resultados de este proceso deben ser almacenados de modo tal que se puedan visualizar, procesar y resguardar de manera eficiente. Por este motivo, además de brindar representaciones gráficas de los datos y los procesos, resultó necesario exportar los resultados en distintos formatos. El software desarrollado genera cuatro archivos que contienen la misma información pero almacenada en distintos formatos, de modo que cada archivo se enfoca en uno de los requerimientos mencionados. Veremos en detalle cada uno de ellos mas adelante.

1.2 Objetivos del trabajo final

1.2.1 Objetivo general:

- Diseñar y desarrollar una aplicación que contemple la visualización y manipulación de datos meteorológicos en tiempo real. La aplicación estará basada en el lenguaje Python, de extenso uso actual en la computación científica.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Obtener, leer y representar gráficamente datos del instrumento ASCAT, que se encuentra a bordo del satélite MetOp [9].
- Permitir la selección de datos específicos, agrupándola en franjas horarias o regiones geográficas a elección.
- Filtrar los datos, de modo que se procesen solamente aquellos datos que garanticen ser de una dada calidad.
- Aplicar técnicas de 'superrobbing' o de "thinning" a las observaciones (técnicas de compresión y reducción de los errores de correlación entre los datos [10]).
- Generar archivos de salida que almacenen los resultados en formatos específicos y permitan la visualización y la asimilación de los mismos.
- Brindar alternativas para el uso del producto. Mediante una interfaz gráfica o a través

de la consola de comandos.

1.3 Fundamentación

En nuestro país actualmente se utilizan los datos de un centro meteorológico extranjero como condiciones iniciales para realizar los pronósticos del tiempo. Las variables atmosféricas o meteorológicas que se requieren para realizar un pronóstico son: presión, temperatura, humedad, intensidad y dirección del viento entre otras. Así también, existen diversos instrumentos y métodos que permiten medir las mismas, como lo vemos en la fig. 1.2. Las observaciones son obtenidas mediante satélites meteorológicos, radio sondeos, boyas, radares, mediciones de barcos y aviones, etcétera. Es importante notar que todas deben ser tenidas en cuenta para lograr una buena representación del estado de la atmósfera.

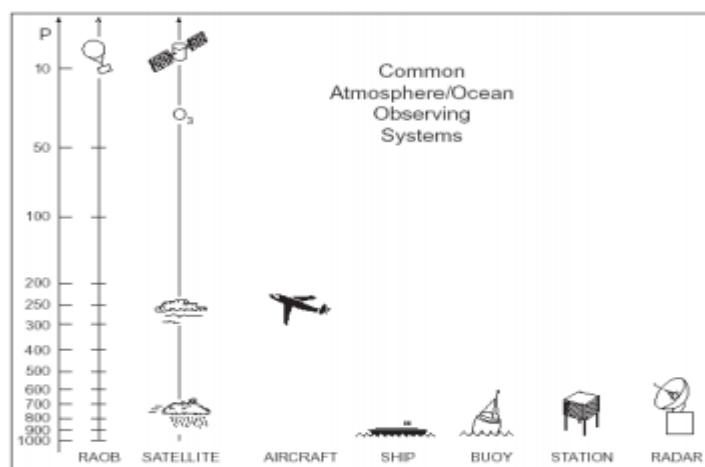


Fig. 1.2: Algunos de los mayores sistemas de observación usados para evaluar el estado de la atmósfera. Fuente: [11]

Las Figs. 1.2 y 1.3 ayudan a comprender como las diversas fuentes de datos, que miden el estado de las variables meteorológicas, dependiendo de la naturaleza de la variable, del instrumento y método de medición utilizado registran la información de manera diferente y en distintos formatos.

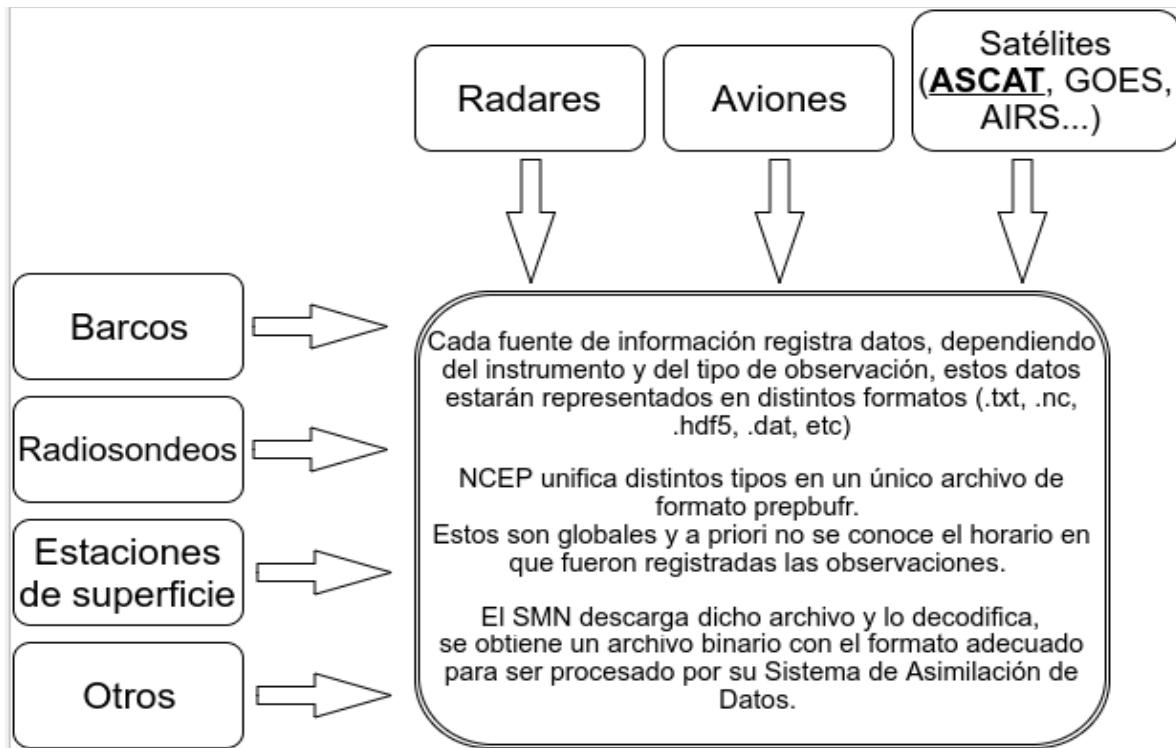


Fig. 1.3: Representación del proceso desde el registro de las observaciones hasta su asimilación por el SMN. Fuente: Elaboración propia.

Por todo lo que se ha expuesto hasta aquí, resulta evidente la necesidad de desarrollar un sistema que en tiempos operativos genere un archivo que contenga todas estas observaciones, que son las mismas del archivo generado por NCEP y que a la vez sea capaz de incluir otras observaciones locales. El hecho de generar este archivo en el formato adecuado para el sistema de asimilación permitirá contar con la información para inicializar los pronósticos con mayor anticipación y así obtener pronósticos numéricos de **mayor calidad y en un menor plazo de tiempo**, dándole una mayor utilidad como herramienta de pronóstico.

El SMN también requiere que dicho sistema sea implementado mediante módulos independientes para cada tipo de dato, de modo tal que a posteriori se pueda ir acoplando mas tipos de observaciones, o que se pueda decidir que información incluir en el archivo de procesamiento del sistema de asimilación de datos y cual no.

Este trabajo es concebido como un primer paso en el desarrollo de este sistema. Un proyecto a escala que contempla todas las funciones necesarias de la aplicación y el desarrollo del marco necesario. Dada la alta complejidad de las distintas fuentes de datos observacionales, el presente trabajo final se enfoca en la implementación

de un modulo en específico, como se ha indicado, solo se realizará el tratamiento de datos del instrumento satélite ASCAT.

Estos datos son necesarios en los sistemas de asimilación y han demostrado ser muy útiles para una amplia variedad de estudios científicos.

1.4 Conceptos teóricos básicos

En esta sección, se presentarán las especificaciones técnicas fundamentales para comprender este trabajo. Se especificaran las características de los satélites MetOp, del instrumento ASCAT, de los algoritmos de 'thinning' y 'super obbing' y también de los formatos de datos involucrados en el desarrollo de este trabajo.

1.4.1 La constelación de satélites meteorológicos MetOp

El programa de satélites meteorológicos operativos (MetOp), realizado de manera conjunta por la ESA (European Satellite Agency) y la EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites), consta de una serie de tres **satélites polares** que monitorean el clima y mejoran las previsiones meteorológicas.

El MetOp-A, que se lanzó el 19 de octubre de 2006, fue el primer satélite de la serie, sustituyó a otros satélites más antiguos, es el primer satélite europeo de órbita polar que se dedica a la meteorología operativa. MetOp-B se lanzó el 17 de septiembre de 2012. El lanzamiento del tercer satélite, MetOp-C, está previsto que se lleve a cabo entre 2017 y 2018. Estados Unidos y Europa comparten las responsabilidades de los servicios meteorológicos ofrecidos por MetOp. Con el fin de garantizar el suministro continuo de datos meteorológicos globales de alta calidad hasta, al menos, 2020.

La órbita polar de estos satélites es heliosincrónica, esto significa que el paso del satélite por la Tierra es siempre a la misma hora local. Los satélites polares orbitan a baja altitud, en general a 800 km, en comparación con los 36.000 km de los satélites geoestacionarios, y pueden observar la Tierra con mayor detalle. **Tienen un período de 102 minutos (promediando 72 minutos de iluminación solar y los 30 restantes de oscuridad). Giran en torno a la Tierra 14 veces al día.**

Dicho sistema de observación global proporciona datos meteorológicos de un valor incalculable.

MetOp-A, que cuenta con un amplio conjunto de instrumentos avanzados, ofrece datos de una precisión y resolución sin precedentes sobre una multitud de distintas variables, como temperatura y humedad, velocidad y dirección del viento sobre la superficie marina, concentraciones de ozono y otros gases traza. Representa, pues, un avance formidable en las previsiones meteorológicas y la supervisión del clima global.

Además, este satélite meteorológico suministra imágenes de superficies terrestres y marinas, así como a equipos de búsqueda y rescate para el auxilio de barcos y aeronaves en dificultades. También lleva a bordo un sistema de relé de datos, que se comunica con balizas marinas y otros dispositivos de recogida de datos [12].

MetOp efectúa una enorme cantidad de mediciones. Elabora perfiles del contenido de la atmósfera, de su temperatura y humedad, capta imágenes de la superficie de la Tierra y de los océanos, escudriña el interior de las nubes, hace un seguimiento del cambiante color y composición de las masas de hielo flotante, de la nieve y de la cubierta vegetal, **registra la velocidad y dirección del viento sobre el mar**, identifica los niveles de gases como el dióxido de carbono, el óxido nitroso, el metano y el ozono, y los niveles de humedad del terreno, y mantiene un registro de la actividad solar: una vasta cantidad de datos que se encauzan para obtener el pronóstico del tiempo y los modelos de monitoreo del clima que utiliza la comunidad de meteorólogos de todo el mundo. Además de los sensores dedicados específicamente a los dos principales objetivos de la misión –meteorología y climatología– MetOp porta instrumentos para prestar servicios humanitarios (de búsqueda y rescate) y una función de observación del entorno espacial.

Para hacer todo lo anterior, el satélite MetOp cuenta con un impresionante conjunto de 13 instrumentos y sensores diferentes. Cinco son del más avanzado diseño y manufactura europeos, de los cuales tres los suministra Airbus Defence and Space. Los otros ocho son idénticos a los instrumentos que también vuelan en los satélites de la Agencia Nacional para el Océano y la Atmósfera estadounidense (NOAA), en el marco de un pionero acuerdo de colaboración trasatlántico entre Eumetsat, el organismo responsable de la operación de MetOp, y la NOAA. MetOp y su satélite socio estadounidense forman la constelación o Sistema Inicial Conjunto de Satélites de Órbita Polar (IJPS), que vuelan en órbitas complementarias y por tanto ofrecen una cobertura máxima, y emplean un conjunto común de instrumentos para que los datos sean coherentes entre sí y puedan compartirse e intercambiarse [13].

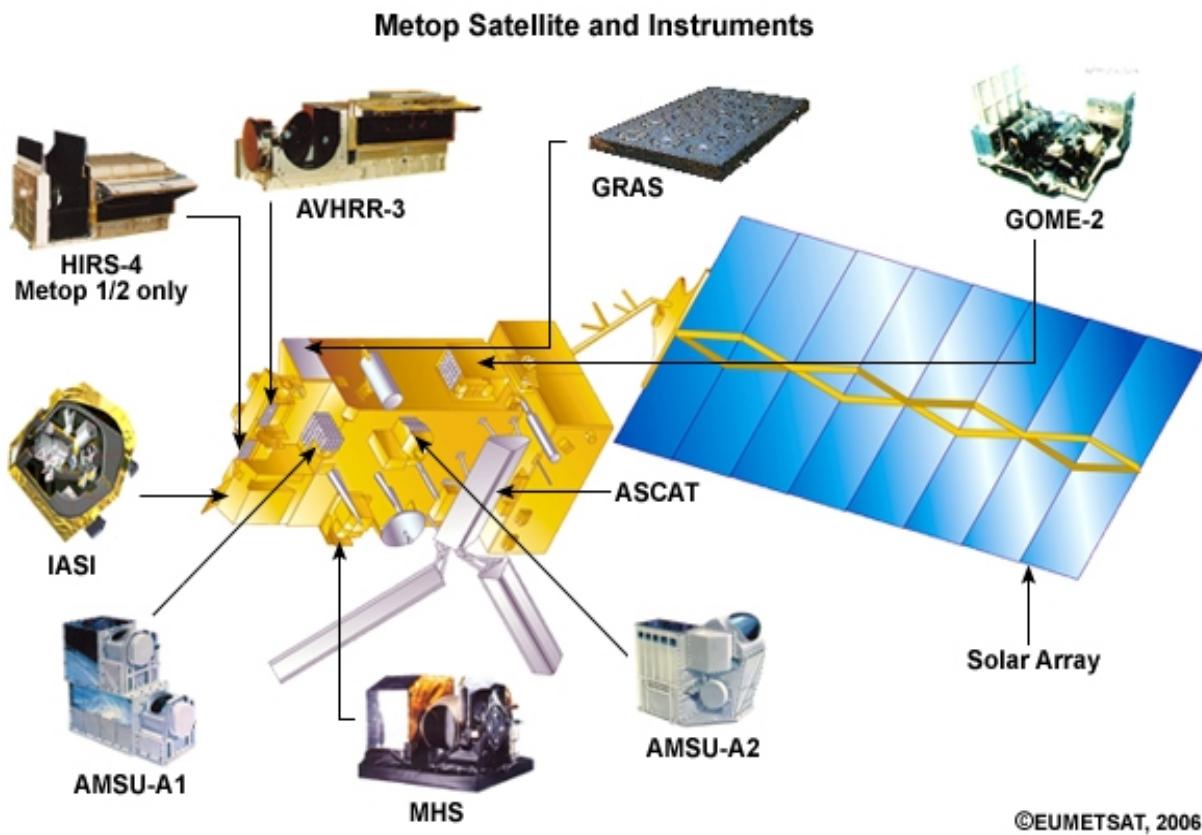


Fig. 1.4: El satélite Metop y sus instrumentos. Fuente: [14]

1.4.2 El instrumento ASCAT (Advanced SCATerometer)

El ASCAT es un instrumento activo de radar que principalmente mide la velocidad y dirección del viento sobre el mar abierto, a 10 metros sobre el nivel del mar. Utiliza una técnica denominada “dispersometría” (*scatterometry*), y de ahí su nombre: *Advanced SCATterometer* (“dispersómetro avanzado”).

Un dispersómetro emite una señal y mide qué cantidad de la señal vuelve tras interactuar con el objetivo (superficie de la tierra o del mar, por ejemplo). A la señal de retorno se la conoce como “retro dispersión”. Como se ha dicho, el viento perturba la superficie del mar al pasar sobre éste, causando ondulaciones y olas; tales fenómenos modifican las propiedades de retro dispersión de la superficie marina, dependiendo de la velocidad y dirección del viento. A medida que la energía en estas ondulaciones asciende con la velocidad del viento, la retro dispersión también aumenta.

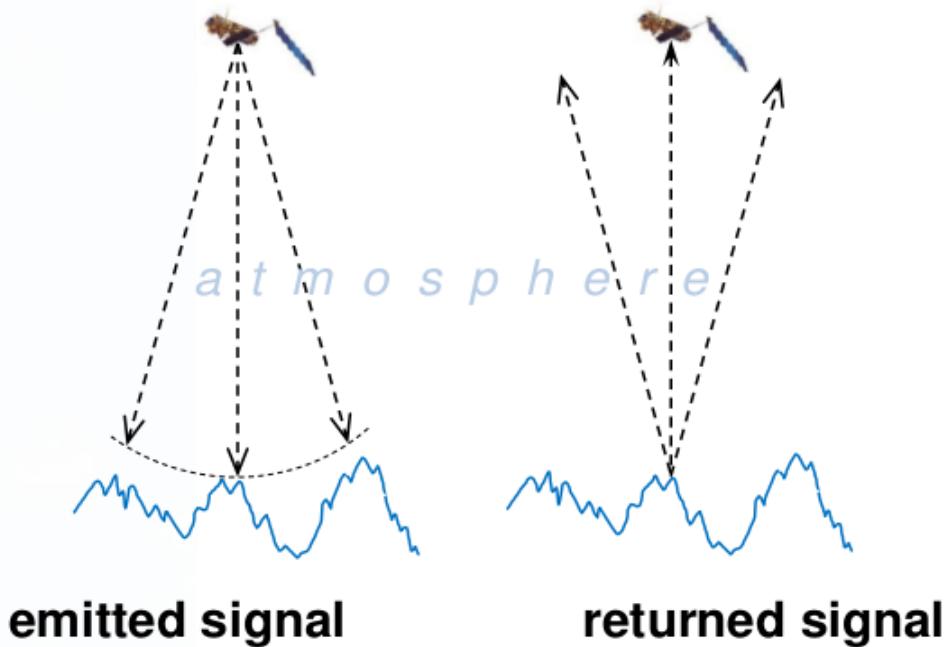


Fig. 1.5: Funcionamiento básico del instrumento ASCAT. Fuente [8]

El principio de medición del instrumento ASCAT, se basa en la geometría mediante el uso de un abanico de antenas. El sistema abarca dos franjas de aproximadamente 500 km de amplitud, separadas entre si por otra de 670 km. La resolución espacial es de 12.5 o 25 km. El tiempo en el que repite la órbita es de 29 días. Para cada franja, tres antenas iluminan la superficie del mar, midiendo la retro dispersión de la señal enviada. El mecanismo para la medición de dicha retro dispersión que se utiliza, se basa en la ley de “Resonancia de Bragg” [15].

Sin entrar en especificaciones físicas, que exceden el alcance de este trabajo, vale aclarar que la dirección y la velocidad del viento cerca de la superficie oceánica con respecto a los ángulos de la antena satelital, se pueden determinar usando una función empírica geofísica modelo (GMF). ASCAT recoge datos desde tres antenas con diferentes ángulos de mirada, para luego recuperar un vector de viento. Para obtener este vector de viento ASCAT opera en banda C (comprende frecuencias de entre 3,7 y 4,2 GHz y desde 5,9 hasta 6,4 GHz). Transmite pulsos de energía de microondas de frecuencia larga y lineal que los técnicos han bautizado como *chirps*, el equivalente inglés de “chirridos”, por su acrónimo inglés correspondiente a “pulsos radar comprimidos de gran intensidad”-, recibe los ecos de vuelta, los “deschirría” y lleva a cabo un análisis espectral de la señal

retrodispersada. Simplificando, podemos decir que ASCAT utiliza un radar para medir la respuesta electromagnética de la rugosidad que produce el viento sobre el agua; usa microondas cuya longitudes de onda son de unos pocos centímetros; a partir de eso se procesa la señal de donde se infieren la dirección y velocidad del viento. Se realiza una medición indirecta [16].

El satélite realiza 14 giros diarios al rededor del mundo. Por cada giro, se genera un archivo con las mediciones efectuadas por el ASCAT, el cual se encuentra disponible públicamente en la web. En cada archivo se incluyen observaciones de aproximadamente 65000 puntos geográficos. A su vez, cada observación consta de un set de 12 variables, ya que por cada una se debe indicar el momento en que fueron obtenidos los datos (time), las coordenadas (latitud y longitud), la velocidad del viento, la dirección, los flags de calidad, etcétera. Siendo 14 los giros diarios, hablamos de cerca de 900000 observaciones, que son mas de 10 millones de datos diarios.

La Fig. 1.6 ilustra las características mencionadas del instrumento, una animación que representa el funcionamiento del satélite puede verse en <http://goo.gl/KoUjC4>

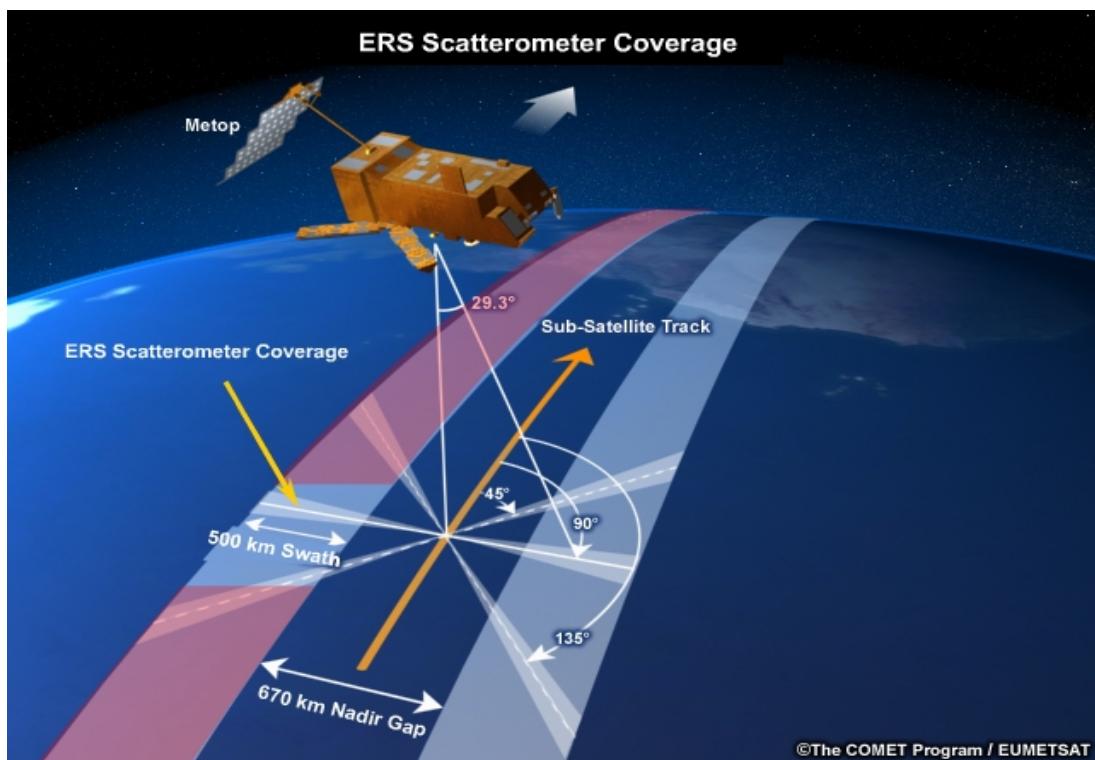


Fig. 1.6: Especificaciones del recorrido del instrumento ASCAT. Fuente: [14].

El instrumento ASCAT además de registrar las observaciones realizadas, efectúa un pre-procesamiento de los datos, se promedian datos de ruido y eco o la reducción del ruido

térmico, procesos de calibración interna, etcétera; mecanismos que se realizan a bordo del mismo satélite y que hacen al instrumento mucho mas eficiente, mejorando su performance.

Esto nos conduce a la generación de dos productos principales. El ASCAT level 1b y el level 2. Haciendo referencia cada una al nivel de procesamiento por el que han pasado los datos recogidos por el satélite. Utilizamos en este trabajo el segundo nivel de procesamiento, donde los valores ya representan directamente, velocidad y dirección del viento. Los productos ASCAT level 2 son producidos y distribuidos por la Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility (OSI SAF). A partir de este nivel se incluyen severos controles de calidad sobre los datos.

Para este trabajo, los archivos ASCAT son descargados desde al sitio “<ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov>”, 14 archivos de datos son subidos al sitio por día, cada uno pesa aproximadamente 2 MB y el formato es NetCDF. El tiempo de demora entre que se completa la vuelta sobre eje terrestre y que publican los datos es de al rededor de 45 minutos, por eso se dice que los datos se encuentran disponibles aproximadamente en tiempo real (near real time).

La convención que se tiene en cuenta para los nombres de estos archivos es la siguiente:
ascat_YYYYMMDD_HHMMSS_SAT_ORBIT_SRV_T_SMPL_VERS(_CONT).l2.nc ,
donde:

- ascat: es el nombre del instrumento.
- YYYYMMDD: indica la fecha del primer dato en el archivo. YYYY es el año, MM el mes y DD el numero de día.
- HHMMSS: indica el horario, en formato UTC del primer dato en el archivo. HH es la hora, MM el minuto y SS el segundo.
- SAT: denota el nombre del satélite, ya sea ‘metopa’ o ‘metopb’
- ORBIT: es el numero de orbita del satélite (00000-99999) . Una cada 29 días.
- SRV: indica el servicio. ‘eps’ para OSI SAF (global)o ‘ear’ para EARS (regional). (En casos de los archivos disponibles en formato .nc, SRV siempre sera 'eps').
- T: es el tipo de procesamiento (‘o’ para operacional, ‘t’ para ‘test’)
- SMPL: indica la resolución de las mediciones, (cell spacing). Puede ser ‘250’ para 25 km, ‘125’ para 15,5 km, o ‘coa’ para los productos de costa (coastal product). Que a su vez, tambien tienen una espacioado de WVC de 12,5 km.
- VERS: indica la version del software.

- CONT: (opcional) se refiere al contenido del producto. Puede ser 'ovw' para productos que contienen solamente "Ocean Vector Winds". Cuando los archivos tienen, también, información sobre la humedad del suelo (soil moisture), la leyenda "CONT" es omitida y no figura en el nombre del archivo. (Siempre será 'ovw' cuando la extencion es .nc)
- l2: indica en nivel de procesamiento.
- nc: los nombres terminan con .nc, esta extensión indica el fomrato del archivo, NetCDF

Por ejemplo, el nombre de un archivo puede ser:
ascat_20160621_061500_metopa_50187_eps_o_250_2401_ovw.l2.nc

Los archivos están estructurados de una manera particular, cuentan solo con dos dimensiones y doce variables.

Las dimensiones son: NUMCELLS, que siempre es igual a 42 y NUMROWS, aproximadamente 1500 .

Esto significa que por cada variable, tendremos 1500 conjuntos de observaciones, donde cada conjunto, a su vez, cuenta con 42 mediciones. Es decir que en un archivo habrán 63000 puntos geográficos donde el satélite ha registrado los valores de intensidad y dirección del viento , con su información asociada.

Como indicamos anteriormente, por cada punto hay 12 variables asociadas. Estas son:

Tabla 1: Variables incluidas en cada observación registrada por ASCAT. Fuente: [16].

Nombre	Nombre completo	Unidad	Tipo
time	time	Seconds since 1990-01-01 00:00:00	int
lat	Latitude	Degrees_north	int
lon	Longitude	degrees_east	int
wvc_index	Cross track wind vector cell number	1	short
model_speed	model wind speed at 10 m	Meters / second s	short
model_dir	model wind direction at 10 m	Degrees	short
ice_prob	ice probability	1	short
ice_age	ice age (a-parameter)	dB	shor
wvc_quality_flag	wind vector cell quality	*Veremos a continuación	int

		de la tabla los posibles valores y su significado.	
wind_speed	wind speed at 10 m	Meters / seconds	short
wind_dir	wind direction at 10 m	Degrees	short
bs_distance	backscatter distance	1	short

La variable wvc_quality_flag indica el resultado del control de calidad hecho a los datos, funciona asignando uno de los posibles valores (máscaras) a la variable, en función del resultado que indica la misma. Las posibles máscaras son: flag_masks = 0, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768, 65536, 131072, 262144, 524288, 1048576, 2097152, 4194304;

Cuyos significados son:

- 64 = distance_to_gmf_too_large
- 128 = data_are_redundant_no_meteorological_background_used
- 256 = rain_detected
- 512 = rain_flag_not_usable
- 1024 = small_wind_less_than_or_equal_to_3_m_s
- 2048 = large_wind_greater_than_30_m_s
- 4096 = wind_inversion_not_successful
- 8192 = some_portion_of_wvc_is_over_ice
- 16384 = some_portion_of_wvc_is_over_land_variational_quality_control_fails
- 32768 = knmi_quality_control_fails
- 65536 = product_monitoring_event_flag
- 131072 = product_monitoring_not_used
- 262144 = any_beam_noise_content_above_threshold
- 524288 = poor_azimuth_diversity
- 1048576 = not_enough_good_sigma0_for_wind_retrieval

El valor 0 indica que no se han encontrado fallas en el control de calidad.

También es posible que mas de una bandera se encuentre activada, en este caso se suman los valores de cada una. Por ejemplo, si la variable toma el valor 2304, nos indica que están configurados los flags 256 (lluvia detectada) y 2048 (velocidad del viento superior a 30 metros por segundos). El valor máximo válido para esta variable es 8388607.

Vale aclarar que cuando el viento es menor a 3 m/s o mayor a 30 m/s, el valor calculado pierde precisión.

La dirección del viento es registrada según la convención oceanográfica. 0 grados, indica que el viento fluye hacia el norte. Esto es contrario a la convención meteorológica.

En la Fig. 1.7 se muestra la forma en la cual el ASCAT cubre la superficie terrestre al cabo de un día.

En blanco se logra ver la superficie de los continentes, en celeste el océano y el área sombreada en rojo (conformada por puntos, donde cada punto rojo representa una observación) es la región cubierta por el satélite. Los sectores que no se encubren por los puntos rojos indican que en esos lugares el satélite no registró observaciones [16].

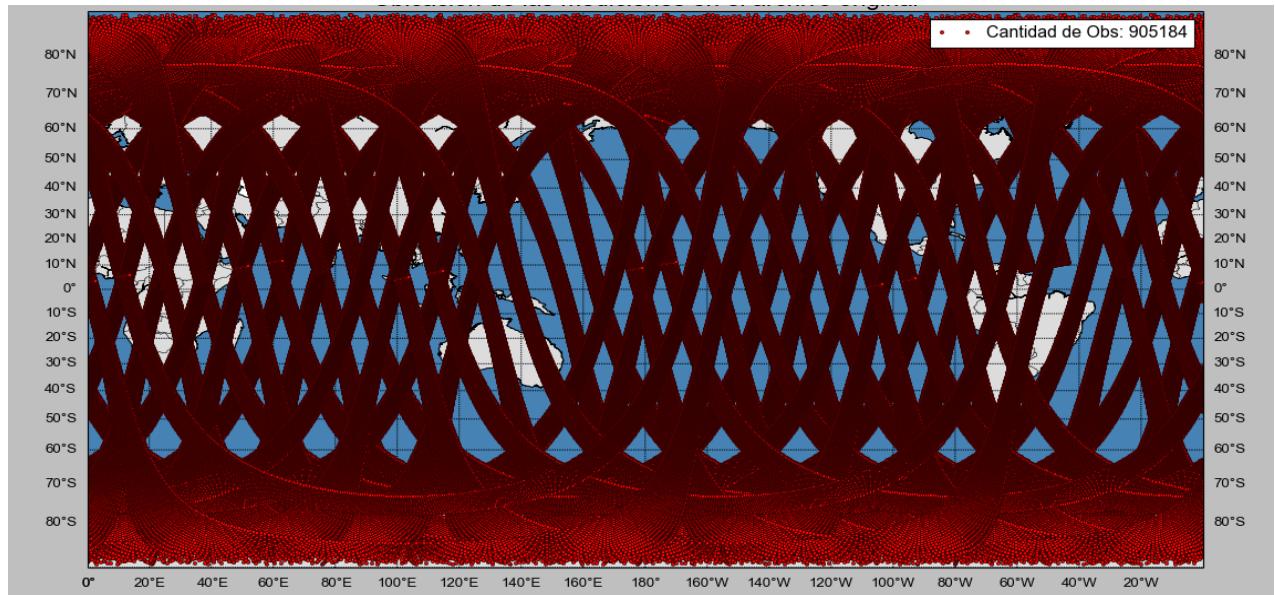


Fig. 1.7: Cobertura diaria del instrumento ASCAT sobre la faz del planeta. Elaboración propia.

Si de las mediciones diarias, tomamos solamente aquellas cuyo control de calidad haya resultado satisfactorio, es decir, donde la variable `wvc_quality_flag` es igual a 0 se obtiene el resultado mostrado en la Fig. 1.8.

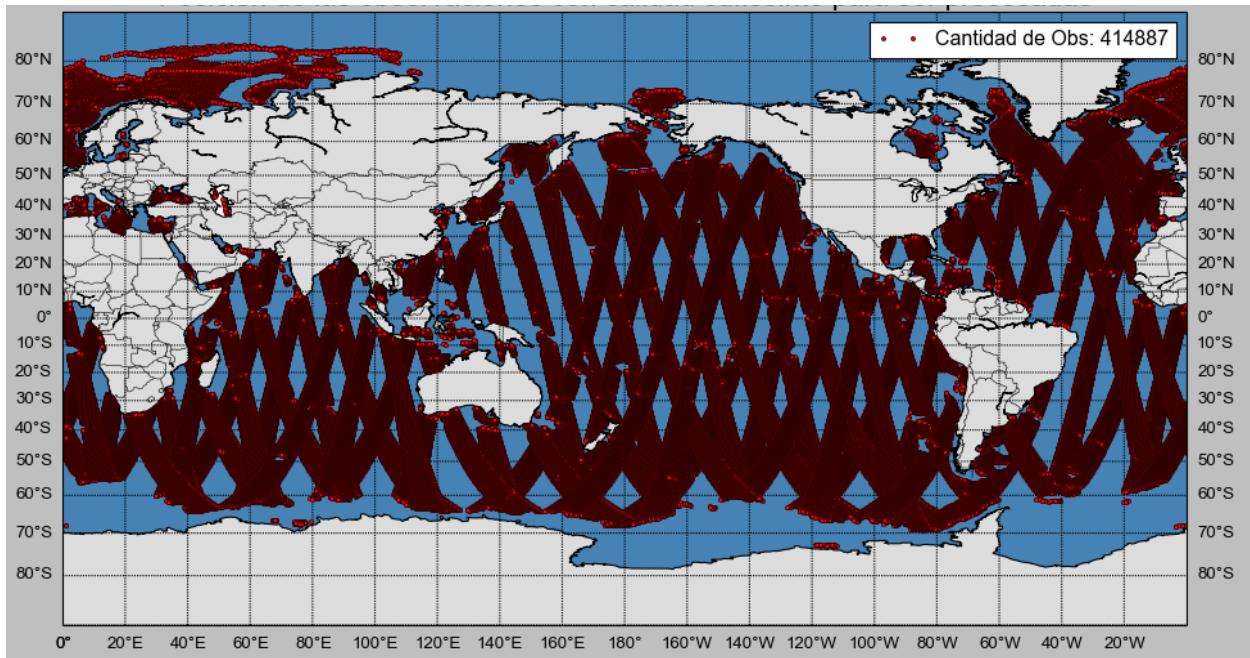


Fig. 1.8: Cobertura de las observaciones de calidad, en 24 horas del recorrido del instrumento ASCAT. Elaboración propia.

Con el control de calidad la cantidad de mediciones se han reducido a menos de la mitad. En el caso particular de la Fig. 1.8 hay 414887 puntos geográficos representados. Como vemos, todos los datos sobre los continentes no son tenidos en cuenta, ya que estamos midiendo viento sobre el océano. Sin embargo, esa información no se desperdicia, sino que se utiliza la misma señal enviada para calcular la humedad sobre el suelo. Esta información no esta incluida en estos archivos netCDF y no se procesa en este trabajo.

La cobertura de 1 de los 14 archivos diarios, consta de aproximadamente 68000 puntos. Si nos limitamos a la región 0 a 90 grados latitud sur y 0 a 140 longitud Oeste (Area de Latino América), generalmente quedarían menos de 17000 observaciones. Contando, en ambos casos, también aquellos puntos donde existen flags de calidad seteados.

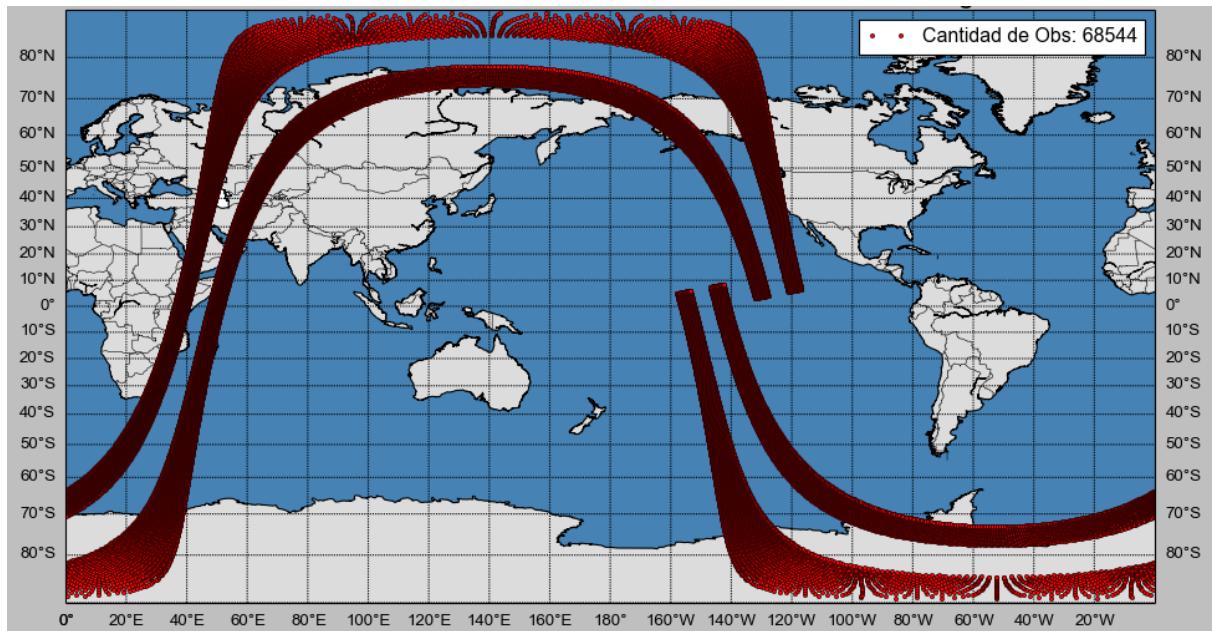


Fig. 1.9: Ubicación de las observaciones registradas por el instrumento ASCAT en uno de los giros al rededor del planeta. Elaboración propia.

1.4.3 Formatos meteorológicos

Los datos oceanográficos y meteorológicos pueden ser archivados en diferentes formatos computacionales: formato ASCII, formato nativo, formato binario o algunos de los varios formatos científicos estándards.

Se resumen mas adelante las características técnicas básicas de los dos formatos científicos que se utilizan en este trabajo final, **NetCDF** y **BUFR**.

Además de estos, en el software implementado, la información procesada es posible exportarla en **formato de texto plano (.txt)** y en **formato binario (.dat)**. Veremos también en esta sección por que resultan necesarios estos archivos y la estructura que deben tener.

Respecto a las unidades de medición de la velocidad y dirección del viento, es necesario dejar registro de algunos aspectos claves referentes a la forma en la cual se procesan y registran los datos en este trabajo final.

Lógicamente, existen distintas formas y convenciones para representar la intensidad y el sentido en el cual sopla el viento. Los archivos ASCAT originales con los que se trabaja, como se indica en la sección 1.4.2, contienen dos variables: `wind_dir`, para indicar la dirección y `wind_speed` para la intensidad de la velocidad.

La velocidad del viento es medida en metros por segundo. El rango de valores posibles

va de 0 a 50 m/s, sin embargo las velocidades mayores a 25 m/s suelen ser menos fiables y generalmente son despreciadas por el sistema durante el control de calidad.

La dirección, esta registrada según la convención oceanográfica y es medida en grados (degrees). Según esta convención, 0 grados corresponde a un viento que fluye hacia el Norte, con un incremento en sentido de las agujas de reloj [16].

Ahora bien, según los requisitos indicados por el SMN para ellos resulta conveniente que las observaciones sean registradas según sus componentes meridionales y zonales (U y V). Ya que de esta forma es procesada la variable en cuestión en el sistema de asimilación de datos. Por este motivo, **uno de los primeros procesos que da el sistema implementado a los registros ASCAT, es transformar las unidades de todas las observaciones, de su forma original a su equivalente en componentes U y V.**

Veremos también en este apartado que representan los componentes del viento y la forma en que se realiza la transformación de una representación a la otra.

1.4.3.1 BUFR (prepBUFR) y NetCDF

BUFR fue creado por la World Meteorological Organization (WMO). Técnicamente se conoce como “WMO Code Form M 94-IX Ext. BUFR”. Este es el resultado de un comité, el cual produjo los primeros documentos en 1988. También es un código en el sentido que define un protocolo para la transmisión de datos cuantitativos.

Fue diseñado para transmitir datos meteorológicos generalizados, pero debido a su flexibilidad puede usarse casi para cualquier cosa. De hecho, los archivos BUFR fueron diseñados para ser infinitamente extensibles, y para este fin están escritos en un lenguaje de descripción de datos único.

Los flujos de datos y archivos BUFR se adhieren a la especificación llamada WMO Standard Formats for Weather Data Exchange Among Automated Weather Information Systems [17].

Al ser un formato totalmente distinto a los tradicionales, a los cuales el usuario común suele estar acostumbrado, el proceso de aprendizaje necesario para poder trabajar con este tipo de archivos por lo general resulta bastante tedioso, sobre todos para aquellos usuarios no experimentados en el procesamiento de archivos con formatos meteorológicos.

El formato BUFR presenta virtudes para el almacenamiento de las observaciones meteorológicas y desde que fue aprobado como un estandard por la WMO es ampliamente

usado en el ambiente científico.

El formato de archivos BUFR esta basado en el uso de **tablas** externas. Esto quiere decir que no son archivos auto descriptivos (Como si lo son los archivos en formato netCDF, tal como veremos mas adelante). Son archivos de tipo binarios y para codificar o decodificar este conjunto de bits resulta necesario utilizar las denominadas “BUFR tables”, en las cuales se describe para cada variable cuantos bits se usan para almacenarla ('yes bits', 'not bits'), el nombre, la unidad, la escala que se debe usar, etc.

WMO tiene sus tablas por default (una nueva cada año, actualmente en la versión 26), sin embargo, muchos centros meteorológicos generan sus propias tablas, a fin de simplificar el proceso o acomodarlas a sus propios fines. En consecuencia resulta necesario disponer de las tablas exactas, indicadas en la cabecera de cada archivo, para poder decodificar los archivos BUFR generados por los distintos centros. De otro modo, los binarios resultan inservibles.

Los archivos BUFR se estructuran en "messages" y "subsets". Cada mensaje representa a una variable (temperatura, viento, presión, etc) y contiene múltiples 'subsets'. Siendo cada uno de estos 'subsets' el registro de una observación de dicha variable.

Gracias a esta forma de almacenamiento es posible combinar el registro de distintas variables en un mismo archivo (varios mensajes). Identificando a cada una por si id, indexado en sus tablas asociadas.

En este contexto surgen los archivos de extensión prepBUFR, una variación de los archivos BUFR generada por NCEP, los cuales también son utilizados por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino para generar sus predicciones.

En los archivos prepBUFR la tabla descriptiva se almacena dentro del mismo archivo, agregando una capa extra a la estructura tradicional de los BUFR. De esta manera se hace a los archivos 'mas auto descriptivos'. Adicionalmente, es posible almacenar las tablas en formato ASCII, para que puedan ser leídas fácilmente.

Como desventaja tenemos que este forma de almacenar las observaciones difiere de la forma utilizada por la mayoría de los centros meteorológicos del mundo y muchos sistemas tradicionales no son capaces de procesarlos.

Forma parte de este trabajo la generación de archivos que contengan las observaciones procesadas en esta extensión. Si bien estos solo almacenarán una variable (velocidad y dirección del viento), se incluye este proceso con una visión de futuro. A fin de que a posterior se puedan incluir nuevas variables en estos mismos archivos, manteniendo todas

ellas un único formato.

El formato NetCDF (Network Common Data Format), por su parte, fue creado por UNIDATA, una empresa patrocinada por University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), como un formato estándar para los datos de campos multidimensionales que utiliza la comunidad científica. La característica fundamental de este formato es que contiene, además de la información que se quería transmitir, meta datos sobre ella: tipo de variable, unidades, dimensiones, institución que la creo, valores máximos, etc. NetCDF se distingue de otros formatos justamente por contar, dentro del mismo archivo, con la suficiente información sobre la clase de datos que se almacenan. A diferencia de otros, que necesitan de un archivo adicional para su correcta interpretación. (Como es el caso de los BUFR). Por su estructura este formato es particularmente útil para almacenar datos matriciales de dimensiones múltiples y variables. Por concepción es un formato sumamente portable, se dispone de bibliotecas para casi cualquier plataforma [18].

Como se ha visto en la sección 1.4.2, los registros de ASCAT utilizados en este proyecto son publicados en este formato. Por lo tanto resultó necesario realizar una correcta lectura de los mismos. Y no solo esto, sino que como se indica en los objetivos la información luego de ser procesada es re-escrita en nuevos archivos con este formato. Por lo que fue necesario desarrollar los programas capaces de realizar este proceso.

Si comparamos las fortalezas y las debilidades de estos dos formatos, BUFR y NetCDF, podemos concluir que si bien ambos representan formas eficientes de almacenar la información, BUFR resulta mejor para la transmisión de la misma. Ya que se centra en la compresión de los datos, focalizándose en su estructura física.

Por su parte, NetCDF da prominencia a la interfaz de los archivos, para poder leer y escribir en ellos con facilidad, también especifica una estructura física subyacente. Por este motivo, NetCDF resulta mas adecuado para el acceso a los datos que el anterior.

Una comparación mas detallada de los formatos puede encontrarse en [19]. Siendo éste un documento presentado por expertos en representación de datos, publicado en un encuentro convocado por la Organización Meteorológica Mundial (WMO).

1.4.3.2 Resultados exportados en binario o texto plano

Los información contenida en los archivos binarios procesados por el Sistema de

Asimilación de Datos del Servicio de Meteorológico Nacional Argentino es representada también en forma de texto, teniendo esta representación una estructura de columnas la cual se detalla a continuación.

Se contempla en este trabajo la posibilidad de exportar las observaciones procesadas en formato binario, con la estructura adecuada para su inmediata asimilación.

Adicionalmente, se considera importante contar con esta misma información en texto plano (archivo ASCII).

En la Tabla 2 se muestra la estructura de estos archivos, los valores posibles y la descripción de cada columna.

Tabla 2. Información sobre los archivos binarios y de texto resultantes.

Nombre de Columna	Valores Posibles	Descripción
ID Observación	2819 / 2820	Cada elemento debe tener un código que la identifica. En este caso hay dos valores posibles: el 2819 indica que es el componente U de una observación. Y el 2820 se refiere al componente de viento V. Al trabajar solo con una variable son los únicos IDs utilizados en el proyecto.
Latitud	De -90 a 90 grados.	Unidad: Degree. Se registra de la misma manera que los archivos ASCAT originales.
Longitud	De 0 a 360 grados.	Unidad: Degree. Sigue la misma convención de que archivos ASCAT originales.
Lev (Nivel Vertical)	1013.0000 hPa	En la atmósfera, en vez de medir los niveles verticales en metros se utilizan 'niveles de presión' ya que estos son convenientes para diversas ecuaciones. El valor 1013.0000 este en hectopascales, se refiere al nivel de superficie. Esta constante es una aproximación que indica que son vientos cercanos al suelo. (ASCAT calcula el viento a 10 metros sobre la superficie del océano).

Dato	Entre -20 y 20 aprox.	Registra el valor calculado de la componente U o V según corresponda.
RMS (Media Cuadrática)	2.0	Es la medida estadística de la magnitud del error posible de medición. Información importante, por que indica la calidad de los datos. Según se indica en el manual del instrumento ASCAT [17], es fija e igual a 2,0.
ID ASCAT	20.0	Este campo indica mediante el ID 20.0 que las mediciones almacenadas provienen del instrumento ASCAT.

1.4.3.3 Dirección y velocidad del viento con componentes U y V

El movimiento del aire puede producirse, tal y como sabemos por simple observación, tanto en sentido vertical como en sentido horizontal. En general el módulo de la velocidad vertical del aire suele ser bastante más pequeño que el de la velocidad horizontal, así que normalmente la velocidad del viento se expresa solo en sus componentes horizontales.

Recordemos que la velocidad es una magnitud vectorial. El vector velocidad horizontal del viento podemos dividirlo en dos componentes, denominadas componente zonal y componente meridional del viento.

La componente zonal, a la que se denota U, es la componente de la velocidad horizontal a lo largo de un círculo de latitud, en dirección Oeste a Este. Es decir, U es positiva cuando apunta hacia el Este.

La componente meridional, a la que se denota V, es la componente de la velocidad horizontal a lo largo de un meridiano, de Sur a Norte. Es decir, que en nuestro sistema de coordenadas cartesianas sería la proyección en el eje y, positivo hacia arriba.

En la Fig. 1.10 hay un eje cartesiano donde arriba está el Norte, abajo el Sur, el Este a la derecha y el Oeste a la izquierda. El vector velocidad horizontal es V_h , se descompone en sus componentes meridional y zonal (V y U). Adicionalmente, vale aclarar que la dirección del viento es aquella desde la que viene el aire, no hacia donde va [20].

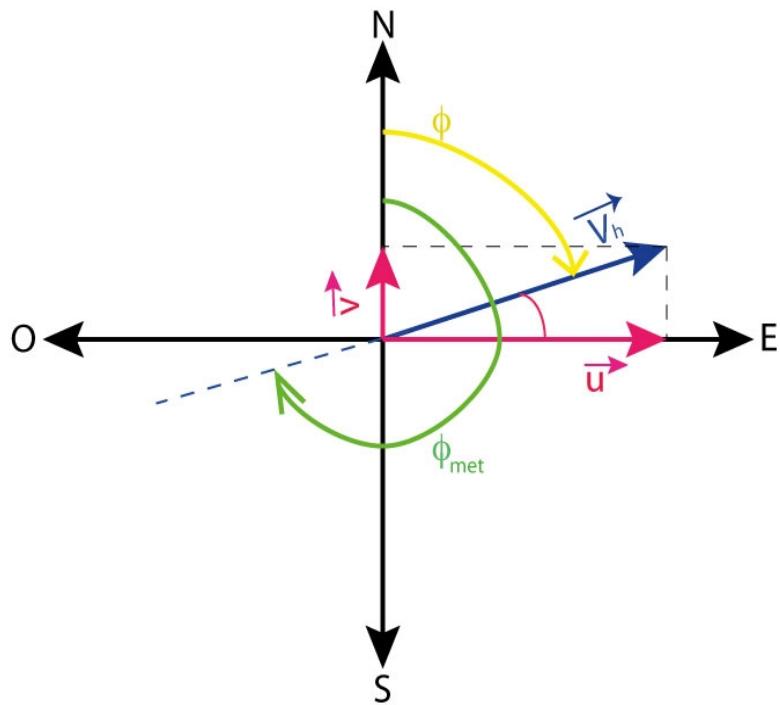


Fig. 1.10: Componentes del viento U y V. Fuente [20].

Ahora bien, reiterando lo indicado en la presentación de esta sección, la velocidad del viento en los archivos originales de extensión NetCDF es medida en metros por segundo y la dirección esta registrada según la convención oceanográfica, utilizando grados (degrees). Según esta convención, 0 grados corresponde a un viento que fluye hacia el Norte, con un incremento en sentido de las agujas de reloj.

Es posible transformar los valores, para pasar de esta forma de almacenamiento a la de componentes explicada aplicando trigonometría.

Uno de los procesos realizados por el sistema desarrollado es realizar esta conversión, la cual se hace al inicio de los procedimientos, antes de aplicar cualquier técnica de procesamiento o de representar gráficamente la información.

La formula trigonométrica utilizada para cada observación es la siguiente:

$$\text{Comp}_U = \text{wind_speed} * \sin(\text{wind_dir} * \pi / 180)$$

$$\text{Comp}_V = \text{wind_speed} * \cos(\text{wind_dir} * \pi / 180)$$

1.4.4 Thinning y Super Obbing

En orden de simplificar los cálculos y reducir los recursos de computo necesarios, la mayoría de los sistemas de asimilación de datos modernos asumen que las observaciones y los campos de fondo procesados poseen errores no correlacionados. Esta suposición conduce a potenciales problemas con aquellos tipos de datos en los cuales la correlación entre los errores es muy significativa. Como es el caso del viento medido por satélites.

Se ha demostrado [21] que una parte importante de los errores en las observaciones del viento por satélite están correlacionados en el espacio y el tiempo.

Sobre esta cuestión se han realizado diversos experimentos y, de manera contraria a lo que se podría intuir inicialmente, utilizando nuevos conjuntos de datos de viento obtenidos por satélites de alta resolución, se obtuvieron análisis y pronósticos mas pobres que los obtenidos utilizando datos de baja resolución.

Se comprobó de esta manera que al incrementar la resolución de los datos, se incrementa aun mas el impacto del error de medición, por estar este altamente correlacionado [22].

Actualmente, la forma de superar este problema es mediante la aplicación de técnicas de reducción de datos. Existe una amplia variedad de posibles formas de implementar esta solución. En este trabajo se aplican dos, la técnica de “Super-Obbing” (súper observación) y “Thinning” (adelgazamiento, acción de diluir). Estas técnicas, si bien reducen la influencia de la correlación existente en los errores no llegan a solucionar el problema completamente. Por este motivo se debe tener en cuenta las virtudes de cada técnica en función del resultado esperado.

Se puede encontrar la explicación matemática del impacto de la correlación de los errores sobre las observaciones en [23].

La Fig. 1.11 ilustra el funcionamiento en general de las técnicas de reducción de datos. Como vemos en ella, dentro del área limitada por el círculo se encuentra un amplia cantidad de pequeñas flechas. Cada una de estas representa una observación registrada sobre la dirección del viento. Todas estas son reemplazadas por una única flecha. Vale aclarar que el tamaño de la flecha resultante en ningún caso sera mayor a las originales, en la Fig. 1.11 se

da así únicamente para lograr una ilustración mas representativa de las técnicas. La amplitud de la misma no indica intensidad de viento.

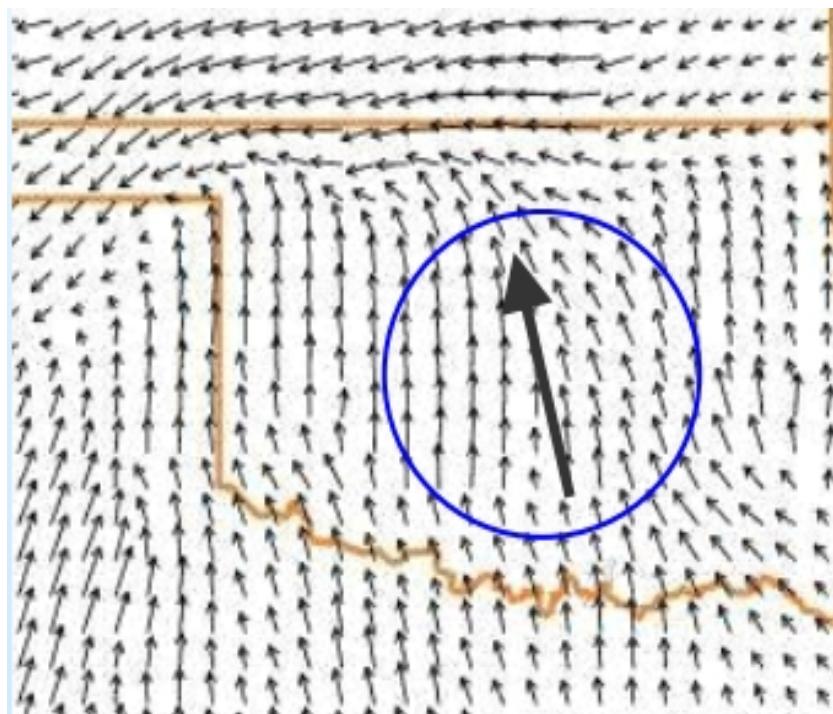


Fig. 1.11 : Reducción de datos sobre la dirección del viento. Fuente [24]

Junto con el problema de los errores correlacionados debemos tener en cuenta otro factor estrechamente ligado a la asimilación de este tipo de datos: el enorme volumen de datos de viento generado por el instrumento.

El instrumento ASCAT genera una valiosísima cantidad de información, sin embargo esta virtud trae como consecuencia una dificultad. Es muy costoso leer y procesar todo esta cantidad de registros.

Teniendo en cuenta que muchos de los modelos operacionales que se utilizan hoy en día trabajan en resoluciones relativamente bajas en comparación con la resolución nativa de los datos generados por el instrumento, resulta conveniente procesar las observaciones a fin de **reducir la densidad de los datos**.

Por lo explicado anteriormente, podemos concluir que la asimilación de datos de volumen completo no es necesaria. Resulta imprescindible la aplicación de thinning, superobbing o alguna otra técnica de reducción de datos. A continuación se explica, conceptualmente, como funcionan las técnicas implementadas en este trabajo.

"**Thinning**", esta técnica consiste en seleccionar solo una observación de entre todas

las pertenecientes a un área geográfica. Es decir, se subdivide el espacio geográfico a analizar en celdas de igual tamaño y en cada una de ellas no debe haber mas de una observación. Dado el caso de que se registran observaciones lo suficientemente cercanas, de modo que en la celda haya mas de una observación, entonces se toma una y se descartan las otras.

Existen diversas estrategias para realizar el descarte de observaciones. Generalmente se toma aquella que garantice mayor calidad y de no haber diferencia entre los registros de calidad, entonces se selecciona una al azar.

Esta técnica resulta veloz y eficiente en términos de computabilidad. Como contra parte, muchas observaciones no son tenidas en cuenta y se corre el riesgo de despreciar información significativa.

La Fig. 1.12 ayuda a comprender el funcionamiento de esta técnica, cada ovalo turquesa representa una observación registrada por ASCAT, el rectángulo es el área sobre la cual se aplica Thinning. Dentro de ella se encuentran 8 observaciones. Todas las que tienen una cruz roja son descartadas y se selecciona a aquella que esta dentro del círculo amarillo como representante de toda el área.

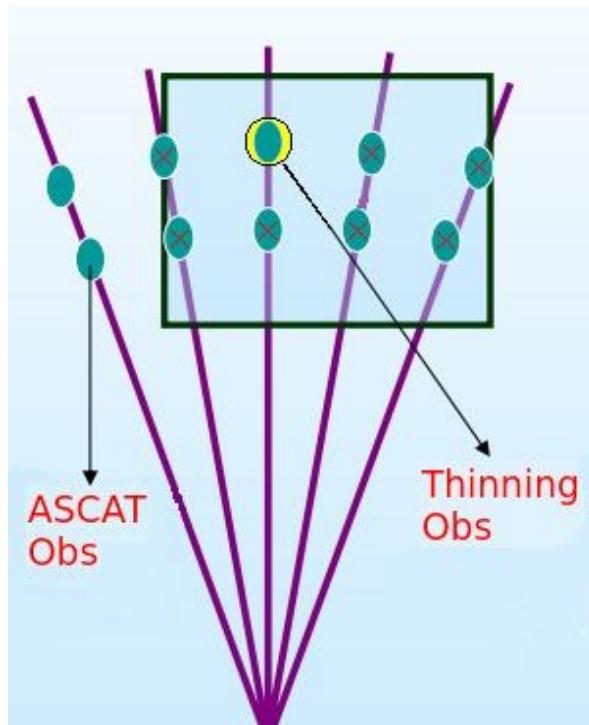


Fig. 1.12: Selección y descarte de observaciones al aplicar Thinning. Fuente [24]

Super Obbing tiene un comportamiento similar a Thinning, pero en este caso se busca

mitigar posibles errores generados por el descarte de información valiosa. Para esto, se realiza un promedio de todas las observaciones que se encuentren dentro del área considerada cercana.

Como virtud, vale resaltar que la observación generada es mas representativa, ya que tiene en cuenta los valores de todos los registros. Sin embargo, se requiere de una mayor cantidad de cálculos para obtener el resultado, lo que deriva en mayor tiempo de procesamiento. Además de que la observación a procesar es un registro generado artificialmente y no es una medición original del instrumento.

La Fig. 1.13, con elementos análogos a la Fig 1.12, representa el comportamiento de Super Obbing.

El circulo amarillo, representa a la "Super Observacion", en ella se combinan las 8 observaciones presentes en el área delimitada por el rectángulo. Podemos ver que está ubicada en una posición distinta a las otras 8, esto se debe a que las longitudes y latitudes de las observaciones originales también son promediadas, a fin de ubicar la "Super Observacion" en el lugar mas representativo (centro del rectangulo).

Otra forma de aplicar súperobbing es ubicar la observación generada siempre al centro de la celda, aunque de esta forma se pierde parte de la representatividad propia de la técnica.

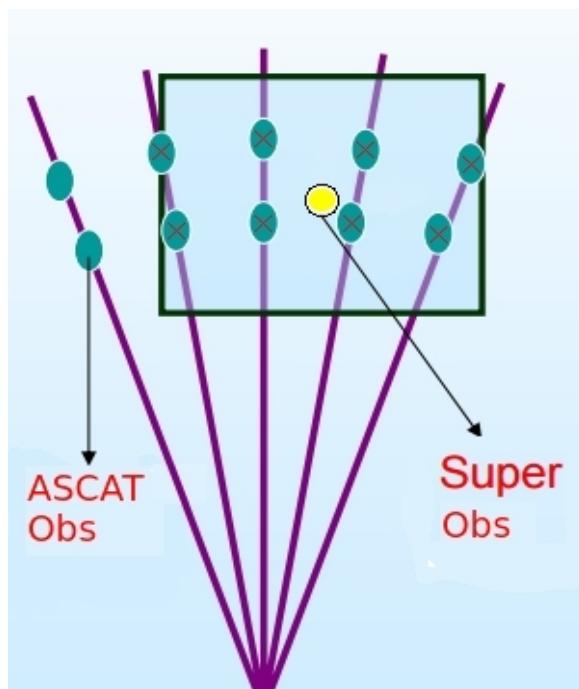


Fig. 1.13: Nueva 'súper observación' al aplicar SO. Fuente [24]

Capítulo 2: Metodología

El desarrollo de este proyecto, se ha basado en la metodología UP (“*Proceso Unificado de Desarrollo de Software*”). Siguiendo principalmente sus directrices sobre el desarrollo iterativo e incremental, centrado en los requerimientos funcionales planteados por el usuario [25].

2.1 Fase de Inicio

Se dio inicio a la primera etapa del desarrollo en el mes de abril del 2016, fue necesario dedicar los primeros meses al estudio del dominio del problema. Se investigó e indagó sobre los aspectos relacionados al proyecto que eran ajenos a la formación en si de la carrera. En este tiempo también se realizó la puesta a punto de los recursos computacionales, ya que para realizar este trabajo se debieron descargar, instalar y configurar distintas herramientas, las cuales de detallan en el capítulo 3.

Durante esta fase, se acordó realizar vídeo conferencias quincenales, junto con el director y dos investigadoras del Servicio Meteorológico Nacional, donde se planteaban los avances y dificultades surgidas en las últimas dos semanas para decidir por donde era conveniente continuar.

De esta forma se fue delineando la estructura del aplicativo. Conociendo las funcionalidades necesarias en el sistema y definiendo el alcance del mismo. Aquí se identificaron, los casos de uso más críticos, conceptos del dominio y deseos de usuario.

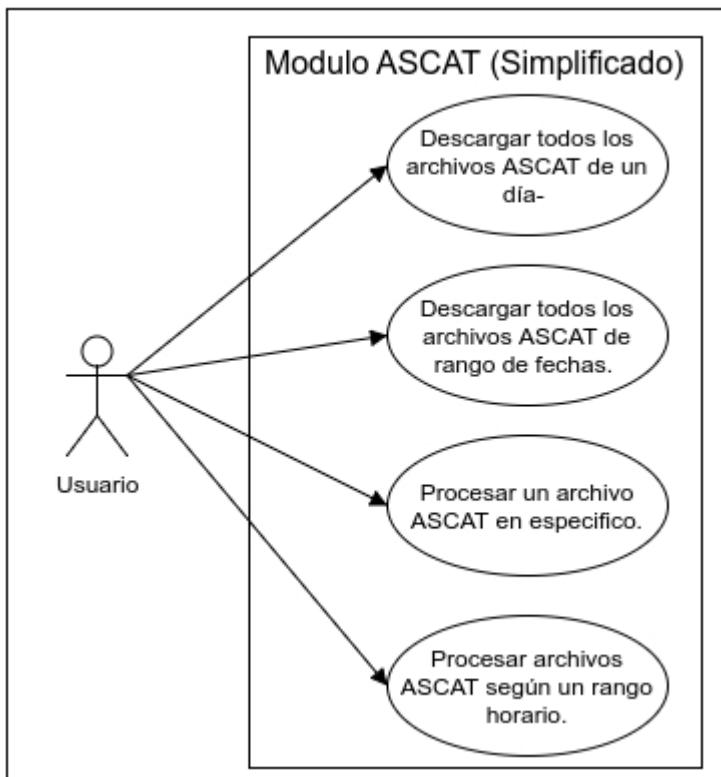


Fig. 2.1: Casos de uso generales.

- **Primera presentación de funcionalidades**

Dado que en el marco particular de este proyecto, algunos tipos de datos con los que se trabaja son de carácter específico (se usan formatos diseñados especialmente para la comunidad científica), se consideró necesario no comenzar directamente con las funcionalidades núcleo del sistema, como lo indica la metodología, sino que primero fue necesario aprender a manipular los archivos de datos con la información meteorológica.

Por este motivo, se acordó una primera presentación mostrando el avance respecto a la manipulación de los archivos. Se mostraron funcionalidades básicas, aunque éstas no sean en si cuestiones centrales del sistema.

Se expuso en esta videoconferencia la descarga y lectura de los archivos NetCDF con la información de las mediciones tomadas por el instrumento ASCAT, publicados por “The NASA Jet Propulsion Laboratory PO.DAAC”. El ente responsable de archivar y distribuir la información relevante al estado físico del océano; quienes hacen públicos periódicamente

los archivos de información necesarios.

Se plantearon los deseos respecto a la forma adecuada (una carpeta diferente por día, que contenga solo los archivos de datos, descomprimidos y con los nombres originales) y autónoma de descarga de los archivos.

Se exhibió la forma de procesar los datos descargados y la escritura de los mismos sobre nuevos archivos de igual extensión. (Eliminación de variables, reorganización de valores, cálculo de los componentes de viento u y v, etc)

Se presentó la primera funcionalidad, la posibilidad de tomar un archivo y previa preparación de las variables, seleccionar solo una porción geográfica y separar la información contenida en el archivo correspondiente al área seleccionada.

2.2 Fase de elaboración:

- Segunda presentación de funcionalidades**

Dado el visto bueno sobre el punto anterior, se decidió continuar con la implementación de las funcionalidades críticas como son el procesamiento de las observaciones con las técnicas de superobbing o Thinning (Técnicas explicadas en Sección 1.4.4) y la escritura de archivos de salida, con los formatos correspondientes.

Se dejó en este caso un semana extra hasta la siguiente reunión, para que haya tiempo suficiente de implementar un prototipo funcional.

Al momento de presentar esta muestra surgió un inconveniente respecto al tiempo excesivo que requería la ejecución de los procedimientos para aplicar Thinning y principalmente superObbing.

Para solucionar esta cuestión, fue necesaria una reunión con un profesional, quien ha desarrollado sistemas similares para el SMN [17]. Con su experiencia en este ámbito específico supo orientar el desarrollo de las funcionalidades.

Para esta presentación se incluyó un filtrado sobre las observaciones, de modo tal que se trabaje solo aquellas mediciones que cumplen con los parámetros de calidad solicitados por el usuario y se descarten todas aquellas mediciones que presenten algún defecto.

- **Tercera presentación de funcionalidades**

Se presentó el nuevo desarrollo, el correcto funcionamiento de los requerimientos anteriores, se mostraron simulaciones del sistema.

Se presentaron algunas imágenes generadas por el sistema, representando las ubicaciones de las observaciones en las distintas etapas de la ejecución del sistema. (El archivo original, el recorte geográfico del archivo, el resultado antes y después de aplicar thinning o superObing, etc).

Se expone y da por finalizado lo referente a la descarga y el almacenamiento adecuado automático de los archivos ASCAT publicados por PO.DAAC.

2.3 Fase de Construcción:

- **Cuarta presentación de funcionalidades**

Se exhibe en esta presentación la posibilidad de procesar los datos según un rango horario, para un día específico.

Se expone también en esta reunión la interfaz gráfica del aplicativo y la parametrización lograda de todos aquellos campos en los cuales contar con esta posibilidad resultaba necesario. Contemplando la generación de múltiples opciones gráficas que representen la información procesada. Ya sea la ubicación de las observaciones originales y simuladas, o bien la intensidad y dirección del viento medidas en las distintas etapas del proceso.

Se decidió utilizar escalas de colores para representar la intensidad y flechas para la dirección.

A estas alturas ya se dispone en detalle de todas las funcionalidades pretendidas para el sistema. Podemos ver el diagrama de casos de uso completo en la Fig. 2.2

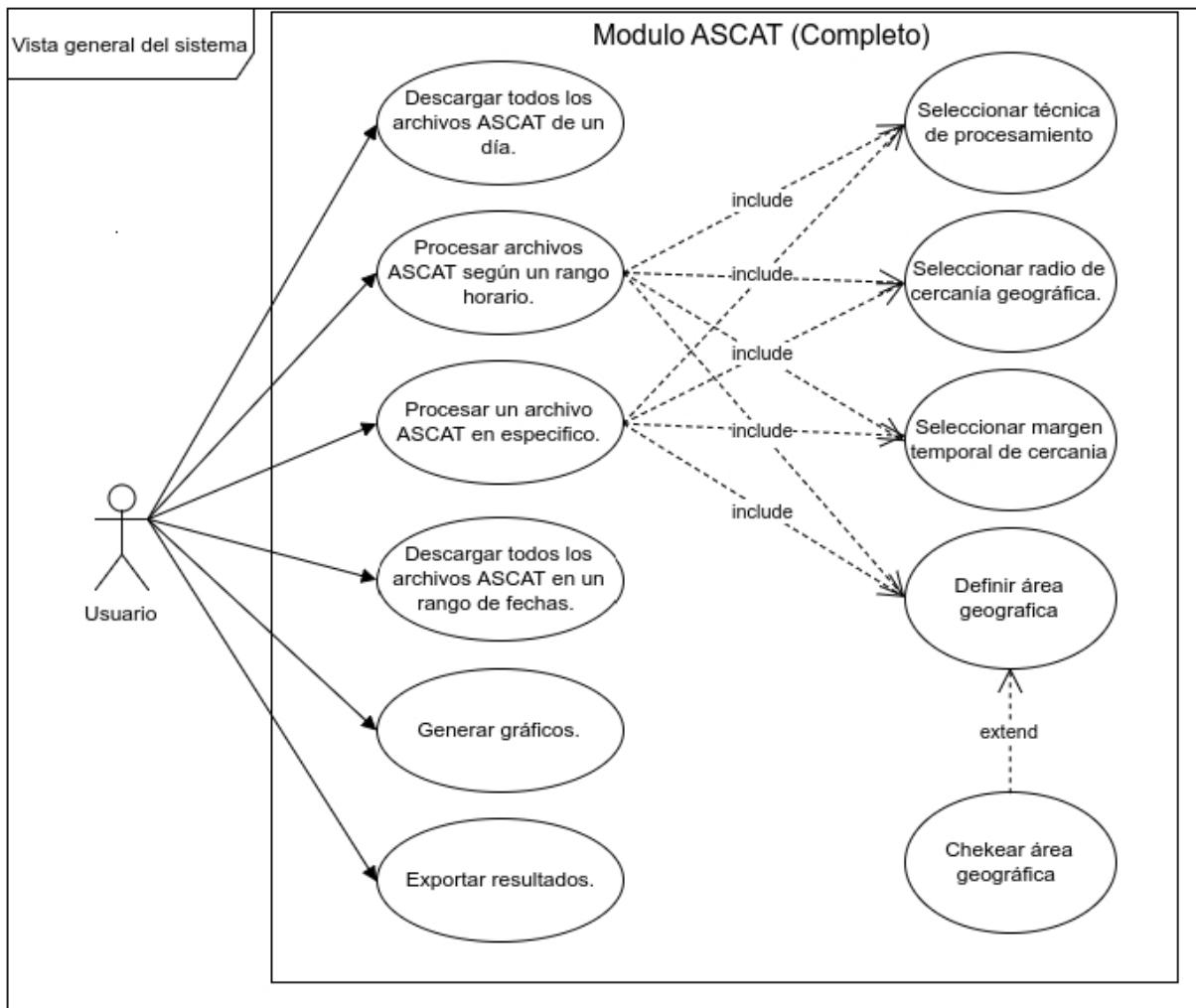


Fig. 2.2: Casos de uso del sistema completo.

- Quinta presentación de funcionalidades**

Ya con las funcionalidades implementadas, se exhibieron y explicaron dos modos de uso alternativos del sistema. Según se acordó en el plan de trabajo original, se desarrollaron los módulos necesarios para utilizar el sistema mediante líneas de comandos.

Por un lado, la ejecución de prácticamente todas las funcionalidades mediante una interfaz interactiva de comandos desplegada en la shell. Por el otro, la posibilidad de realizar un procesamiento básico a un único archivo, sin mas interacción que la ejecución de un único comando con sus correspondientes parámetros.

Se agregó al software un cronómetro que indique el tiempo de ejecución del código, de esta forma se puede llevar un control de la eficiencia del mismo. Se acordó incluir

información sobre los tiempos calculados en casos ejecuciones típicas.

Los detalles sobre los distintos modos de usos implementados y la información sobre los tiempos de ejecución calculados se pueden ver en el capítulo 4 de este informe.

Considerando que la aplicación ya abarcaba satisfactoriamente todos los requerimientos funcionales y no funcionales que surgieron al momento de planificar el proyecto y en el transcurso de desarrollar el mismo, se plantearon posibles trabajos futuros que si bien exceden el alcance de este proyecto final, están relacionados a este módulo en particular y al proyecto en si de investigación que motivó el desarrollo del mismo. Se pueden ver las propuestas mas importantes en el capítulo 5.

2.4 Fase de transición

Luego de realizar una gran cantidad de evaluaciones para asegurar que los resultados entregados por el sistema sean los esperados. El mismo fue comprimido para facilitar su distribución.

En el capítulo 4 de este informe se detalla paso a paso como interactuar con cualquiera de las tres modalidades del sistema, de esta forma el usuario que no conoce al sistema cuenta con instrucciones para asegurarse de estar utilizándolo de la manera correcta. Se incluyó un extracto este capítulo como 'guía de uso' dentro del directorio donde se almacena el sistema, junto a los archivos ejecutables.

Sabiendo la dificultad que presenta la instalación de las librerías utilizadas por el software desarrollado y sus correspondientes dependencias, también se redactó una **guía de instalación del sistema**, donde se detalla paso a paso la preparación del entorno para una correcta ejecución del sistema. Haciendo énfasis en los pasos necesarios para instalar las librerías NetCDF y BUFR LIB (Capítulo 3, sección 3.7), por ser éstas las que pueden presentar mayores inconvenientes a los usuarios. Esta guía puede encontrarse junto con los archivos ejecutables del sistema y se incluye como anexo a este informe [Anexo 1].

De todos modos, para aquellos usuarios que desean, antes de instalar el producto, realizar una prueba del mismo; Se creó una máquina virtual, con sistema operativo Ubuntu 14.04, donde se encuentra el sistema ya instalado y listo para ser ejecutado. Para generar la

maquina virtual se utilizó VMWare versión 12.1.1. Lógicamente, los resultados obtenidos son menos eficientes en términos de velocidad de respuesta, pero se gana mucho en simplicidad. Ya que solo importando y ejecutando la máquina en un sistema VMWare de la versión indicada o posterior, ya se encuentra uno en condiciones de ejecutar el Modulo ASCAT, sin necesidad de instalar nada.

Capítulo 3: Tecnologías libres. Herramientas y lenguaje de programación.

Para la realización de este proyecto, se decidió utilizar exclusivamente software de código abierto. De esta forma se ha realizado el trabajo de manera totalmente legal y sin invertir en ningún tipo de licencia privada, aprovechando los grandes beneficios que ofrece el código abierto.

De la misma manera, el resultado de este proyecto también es de código abierto, el código fuente se encuentra a disposición de manera libre y gratuita, quedando a disposición de usuarios que estén interesados en la aplicación como también es bienvenida cualquier persona que desee involucrarse en el perfeccionamiento u ampliación del sistema. Favoreciendo de esta manera el proceso de detección y corrección de posibles errores. Se puede acceder a los códigos en <https://github.com/pedrovallduvi/ModuloASCAT>.

Se espera de esta manera que el producto final sea lo mas provechoso posible, habilitando a quien lo requiera a realizar modificaciones, con el fin de adaptarlo a necesidades específicas o ante un cambio en los requerimientos originales.

Se resumen a continuación los elementos, tanto hardware como software, que han sido utilizados para el desarrollo del sistema o bien que son requerimientos para el funcionamiento del mismo.

3.1 Hardware:

Se ha utilizado una computadora portátil, Acer Aspire E15 ES-1-512-C1PW con acceso a internet y las siguientes características hardware:

- Procesador: IIIntel® Celeron(R) CPU N2840 @ 2.16GHz × 2
- Disco Rígido: HDD 500 Gb
- Memoria Ram: 4 Gb DDR3 L Memory
- Pantalla: 15,6" LED HD WideScreen 1366 x 768
- Sistema Operativo: Ubuntu 14.04 LTS

3.2 Resumen de herramientas Utilizadas:

- Lenguaje de programación: "Python 2.7". Se instaló Fortran90 (GNU Fortran 4.8.4)

para la generación de los archivos de salida en formato BUFR. Ya que actualmente no se dispone de librerías python capaces de hacerlo según se pretendía.

- Se utilizó GNU bash versión 4.3.11 del sistema Ubuntu (el sistema incluye scripts que automatizan tareas como por ejemplo la descarga de los archivos).
- La interfaz web ha sido implementada utilizando: CGIHTTPServer, html y JavaScript.
- Entorno de Desarrollo Integrado (IDE): “Ninja IDE”
- Librerías: NetCDF4-python, BufrLib (requiere de compiladores para fortran y C), Matplotlib, Basemap, Numpy, Time, DateTime, Tkinter, tkFileDialog, Numpy, Sys, Os.

3.3 Herramientas adicionales:

- Editor de textos: LibreOffice Writer.
- Software para la administración y gestión del proyecto: ProjectLibre.
- Todos los diagramas se han creado utilizando plataformas online que se encuentran disponibles en la web. “Cacco” y “Gliffy”, siendo estas de uso libre y gratuito.

3.4 Lenguaje de programación:

Se optó por desarrollar el producto con Python 2,7. Es conocida su eficiencia y capacidad en el ambiente científico, además de ser completamente gratuito y de código abierto.

Las principales características que han llevado a tomar esta decisión, son el hecho de ser multi plataforma y de propósito general. Se debe también a la API para lectura de archivos NetCDF, necesaria en este proyecto. Su amplia cantidad de librerías, nos ofrece diversas opciones en el tratamiento de los archivos de tipo científico, en este caso meteorológicos; brindando también facilidades para realizar gráficas que representen los datos.

Por ultimo, destacar que tiene una sintaxis clara y muy visual, gracias a su obligatoria notación identada [26]. Cabe aclarar que tanto en el SMN como en el GICA han adoptado el python como standard para el manejo de datos, procesamiento y la graficación. Esto permite compartir las librerías generadas para el uso específico de datos meteorológicos o climáticos.

El uso de Fortran responde a la necesidad de utilizar una librería propia de este lenguaje (BUFRLIB) para exportar los resultado en extensión BUFR, dado que no se dispone librería

equivalente para Python. El Fortran aun hoy es el standard para el computo intensivo en particular de modelos numéricos, meteorológicos y/o climáticos, y en los sistemas de asimilación de datos. Este tiene una performance muy superior a otros lenguajes en cálculos numéricos particularmente, cálculos en forma paralela con gran cantidad de núcleos de procesamiento. Por esto todas las librerías de formatos de datos se encuentran disponibles primariamente en fortran 90.

Por lo expuesto, se decidió trabajar de la siguiente manera:

1. Cuando se solicita al sistema exportar los resultados en formato BUFR, este no genera directamente el archivo de salida sino que escribe un programa Fortran90, llamado encode_ASCAT.f90. Este programa utiliza la librería mencionada y es capaz de exportar todas las observaciones procesadas a un archivo del tipo prepbufr.
2. Automáticamente, el mismo software Python ordena la compilación y ejecución del programa encode_ASCAT.f90.
3. Luego elimina el programa antes escrito, así como los archivos derivados de su compilación. Se obtiene como resultado el archivo binario de datos almacenado en la carpeta correspondiente. El procedimiento se realiza en forma automática e independiente del usuario.

De esta forma se combina la utilización de ambos lenguajes para aprovechar las características de la librería BUFLIB y lograr este objetivo específico que es la generación de uno de los archivos de salida.

3.5 Entorno de desarrollo:

NINJA-IDE (Ninja Is Not Just Another IDE), es un IDE **Open Source** diseñado específicamente para el desarrollo de aplicaciones Python, además de estar hecho en Python. Es un entorno simple y liviano, lo que resultó conveniente sobre todo en las primeras etapas del proyecto.

Cuenta con las características tradicionales de cualquier IDE y agrega algunas funcionalidades extras, que resultan muy provechosas al programar en el mencionado lenguaje. Como por ejemplo la posibilidad de usar una consola Python desde el mismo IDE, gestionar y administrar proyectos y archivos Python automáticamente. Provee funcionalidades de auto completado de código y un correcto asistente de sintaxis e identación, adecuado al lenguaje. Fundamentalmente por estos motivos se tomó la decisión de usar este entorno para el completo desarrollo del software [27]. Licencia: GNU General

Public License [28].

3.6 Interfaz web:

Como se ha indicado, para la implementación de la interfaz del sistema se utilizó HTML, con JavaScript para funcionalidades específicas.

CGIHTTPServer es un módulo que viene incluido junto con Python 2.7 por lo tanto es libre y no requiere instalación, es un servidor que permite ejecutar scripts CGI en entornos Unix o Windows. De esta forma se combina el código de procesamiento Python con el de interfaz html, siguiendo el estándar CGI.

3.7 Librerías:

- **Especificas para el trabajo en el entorno Python:**

- NetCDF4 : Para la lectura y escritura de los archivos ASCAT. Licencia: “OSI Approved” [28].
 - Matplotlib y Basemap: Para la generación de todos los gráficos. Licencias: Basemap es aprobada por OSI, mientras que Matplotlib esta licenciada en base a las normas de PFS (Python Software Foundation) [29].
 - Time, DateTime: Para medir tiempos de ejecución de procedimientos. Licencia: “OSI Approved.” [28].
 - Tkinter, tkFileDialog: Para la interacción con el usuario en la selección de los archivos o directorios solicitados para procesar. Licencia: Licencia: “BSD (Berkeley Software Distribution)”
 - Numpy: soporte de funciones matemáticas para operar con vectores y matrices. Licencia: “BSD (Berkeley Software Distribution)” [30].
 - Sys y Os: permite el paso de comandos específicos del sistema operativo a través del código Python de la aplicación. Licencia: “PFS (Python Software Foundation)” [29].
- **Especifica de Fortran:**
- BUFRLIB: Para la escritura final de los archivos de salida en formato BUFR.

Capítulo 4: Resultados

En este capítulo se detallará el software implementado como respuesta a los objetivos planteados para este proyecto, puntuizando la manera en que se resolvió cada uno de los objetivos específicos. Se abordará también el modo de uso del mismo, y se mostrarán los resultados obtenidos exponiendo las respuestas del sistema ante ejecuciones exemplificadoras.

Como se planificó originalmente, existen tres formas posibles de realizar los procesamientos. Mediante interfaz gráfica, consola interactiva y un comando. Utilizando la interfaz gráfica del sistema se puede acceder a todas sus funcionalidades, es posible ingresar los parámetros de forma sencilla e intuitiva; además la interfaz cuenta con explicaciones sobre el procedimiento y el significado de cada valor ingresado. En tal sentido, es posible sostener que esta es la forma por defecto para utilizar el sistema, sobre todo si el usuario no está familiarizado con el mismo.

Para usuarios que prefieren utilizar la terminal de comandos y tienen conocimiento respecto al procedimiento que se realiza sobre los datos, existe la opción de utilizar el sistema mediante la consola. De esta manera se pueden ejecutar las mismas funcionalidades del sistema y se gana en velocidad, al no tener que cargar la interfaz gráfica del mismo.

La única diferencia de esta versión respecto de la versión gráfica, además de no contar con todas las explicaciones propias de la misma, es que no cuenta de manera integrada con las opciones de administración de los archivos resultantes, ya que desde la consola y de manera manual es posible borrarlos, moverlos o renombrarlos.

Esta opción también es interactiva y de uso intuitivo, ya que el mismo sistema presenta un menú de opciones, con verificación de los valores ingresados e instrucciones que guían al usuario durante todo el proceso.

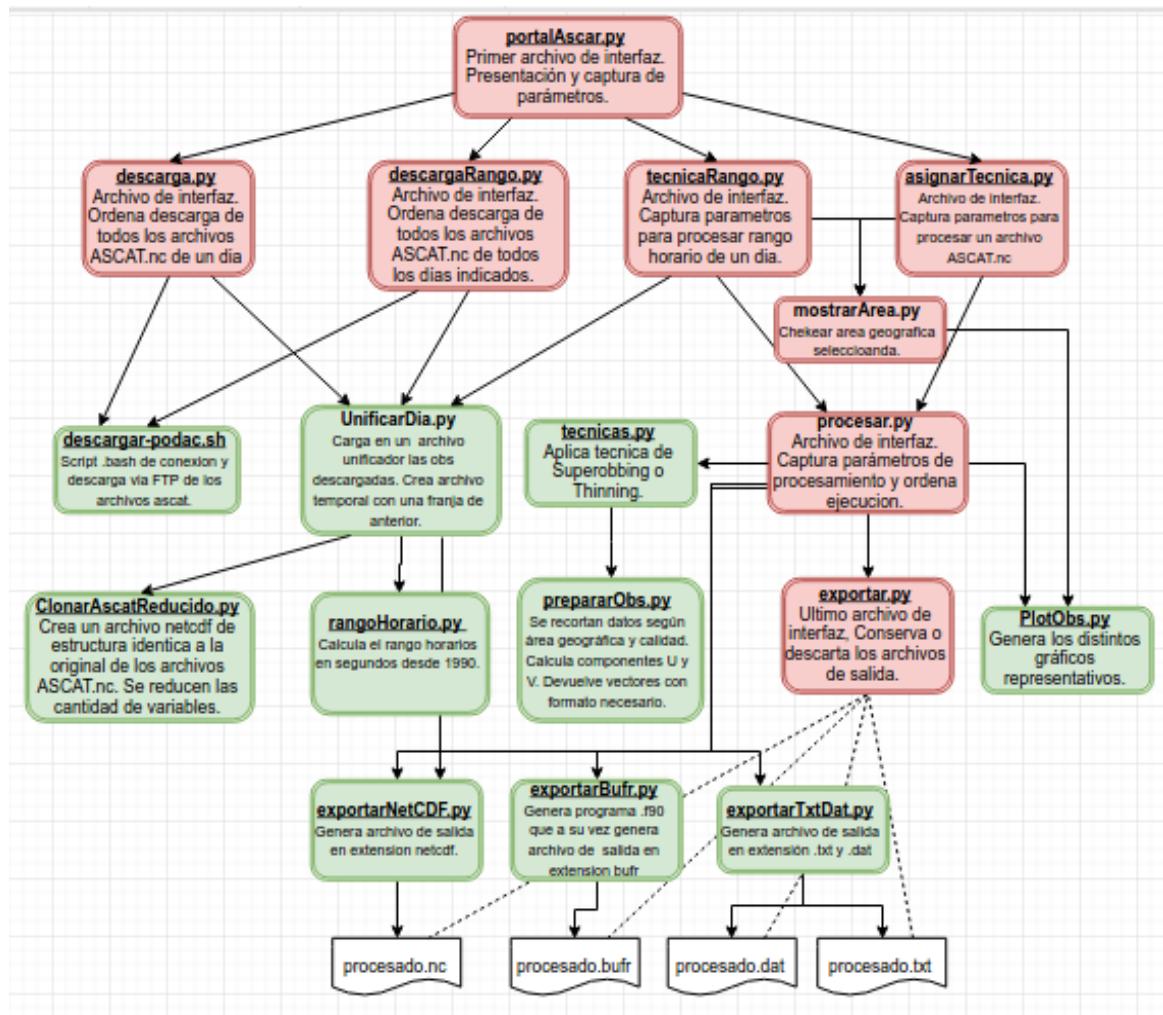
La tercera opción, es realizar el procesamiento de un archivo mediante sólo una instrucción, también desde la terminal de comandos. Este modo de operación es especialmente importante cuando se desea obtener un archivo ASCAT procesado, como un elemento más en el contexto de un procesamiento mayor. Esto fue implementado a solicitud de los usuarios finales quienes requieren de coordinar a través de scripts bash o python el uso de este tratamiento de datos en forma operativa a tiempo real con otros dentro del sistema de asimilación de datos.

Mediante la ejecución de una línea de comando, se puede procesar un archivo ASCAT completo, teniendo en cuenta algunas opciones de parametrización básicas (la técnica a utilizar, el radio de cercanía y, opcionalmente, el área geográfica a procesar).

Se verá en detalle cada una de las formas de uso en las secciones 4.2, 4.4 y 4.5 del informe.

4.1 Estructura del sistema desarrollado

En la Fig. 4.1 se presenta un esquema de la estructura modular del sistema. En color rosa aquellos módulos relacionados a la interfaz gráfica del sistema y en verde los módulos que únicamente realizan procesamiento de los datos. Cada módulo tiene una descripción muy breve de sus funciones y las flechas indican como se relacionan entre ellos.



Esta figura se corresponde a la opción de uso gráfica del sistema. Fig. 4.1: Módulos del sistema y sus relaciones.

Además de el modulo “**portalAscat.py**”, visto en la Fig. 4.1 el paquete software contiene otros dos módulos:

- “**Main.py**” que permite la ejecución interactiva mediante la consola.
- “**procesarASCAT.py**” para realizar un procesamiento básico de un archivo ASCAT con un solo comando de linea.

De todos modos, los 'módulos núcleos', donde se realiza el procesamiento (verdes en Fig. 4.1) son los mismos, independientemente de cómo se acceda a ellos. Tanto “Main.py” como “procesarASCAT.py” lo que hacen es gestionar este acceso de diferentes maneras. Veremos sus particularidades en las secciones 4.4 y 4.5 respectivamente.

4.2 Uso del sistema mediante la interfaz gráfica

El eje central de la implementación esta basado en la interfaz gráfica, ya que de este modo se puede acceder a todas las funcionalidades. Además cuenta con breves explicaciones punto por punto, las cuales se expanden al pulsar los botones de 'información' dispersos a través de todas las secciones del sistema, con el objeto de que sea simple de usar también para los usuarios no familiarizados.

Mediante formularios, botones y una secuencia de vistas coherentes con el procesamiento que se realiza, se buscó generar un sistema simple e intuitivo, que permita al usuario detallar exactamente como realizar la ejecución sin tener que involucrarse en cuestiones técnicas, que fue uno de los requerimientos del cliente (SMN).

Para iniciar la aplicación se ejecuta, desde linea de comandos, “**moduloAscat**” el cual es un script de acceso rápido a los archivos del software, que se encuentran ubicados en la carpeta 'ModuloASCAT'.

Independientemente del directorio desde el que se este trabajando, al ejecutar “**moduloAscat**” se disparan dos acciones que dan inicio al sistema: por un lado se abre una nueva terminal de comandos donde se inicia el servidor de CGI. Este es quien soporta y mantiene la interfaz y no debe ser cerrada mientras se use el sistema.



Autor: Pedro Valduvi (pedro.valduvi@yahoo.com).

Trabajo Final Lic. Sistemas de Información.

Universidad Nacional del Nordeste - Corrientes, Argentina.

Facultad de Cs. Exactas, Naturales y Agrimensura.

Esta aplicación fue desarrollada en el marco del proyecto final de la carrera Lic. en Sistemas de Información. A su vez forma parte de las actividades previstas en el PIDDEF 1614. Proyecto de Investigación y Desarrollo del Ministerio de Defensa, titulado "Sistema de asimilación de datos y pronóstico por ensambles en alta resolución para el alerta de fenómenos severos".

Usted podrá descargar automáticamente los archivos generados por el satélite metop-a. Ubicándolos en carpetas individuales díarias, con los archivos correspondientes descomprimidos y un archivo adicional donde se unifican los anteriores.

Podrá procesar cada uno de estos en forma individual, o según un rango horario. Lo hará de forma totalmente parametrizable, intuitiva y sencilla.

Grupo de Investigación en Ciencias Atmosféricas. Muchas gracias.

Descargar archivos ASCAT via FTP

Información

Descargar archivos de un dia completo

Dia: Mes: Año:

Descargar archivos de un rango de fechas

Desde el Dia: Hasta el Dia: Del Mes : Del Año:

Procesar un archivo específico

Información

Haciendo click en 'Procesar Archivo' podrá seleccionar uno de los archivos ASCAT descargados y proceder al ingreso de parámetros:

Seleccionar rango horario a procesar

Información

Primero elija el rango horario sobre el cual se seleccionara la información, luego pulsando en 'Procesar Rango Horario' podrá seleccionar uno de los directorios ASCAT descargados y proceder al ingreso de parámetros:

Hora Inicial: Hora Final:

Por otro lado, se abre automáticamente la pagina principal del sistema en una nueva pestaña en el navegador web designado como default. Una imagen de esta pagina se

muestra en la Fig. 4.2. Como se puede observar, la pagina de inicio esta formada por distintas secciones, las cuales se ubican una debajo de la otra: el '**menú de descargas**', '**menú de procesamiento simple de archivos ASCAT**' y '**menú de procesamiento de archivos ASCAT según rangos horarios variables**'. Fig. 4.2: Pagina de inicio del sistema.

A fin de explicar cada una de las opciones contempladas en la pagina de inicio (descarga, procesamiento 'simple' y procesamiento según rangos horarios), ampliaremos cada una de estas secciones según se muestra en las Figs. 4.3, 4.4 y 4.5. En cada una de ellas se ha expandido su explicación mediante el botón de "Información".

Además de estas secciones, el portal de inicio de la aplicación cuenta con un breve resumen sobre la misma ubicado por encima del menú de descargas (ver Fig. 4.2). La cabecera del sitio se repite en todas las páginas del sistema, haciendo click en 'Modulo ASCAT' se re-direcciona automáticamente a la pagina inicial.

La fig. 4.3 corresponde a la sección de descarga automática de los archivos ASCAT, los cuales son publicados por PO.DAAC (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center) del Jet Propulsion Laboratory de la NASA.

Diariamente PO.DAAC publica la información obtenida por el instrumento ASCAT. Son, generalmente, 14 archivos de datos de aproximadamente 2 MB cada uno luego de ser descomprimidos. Cada uno viene acompañado por un pequeño archivo de control. Estos archivos son de acceso libre y pueden ser descargados en forma manual desde: ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/ascat/preview/L2/metop_a/25km/.

Utilizando el sistema 'Modulo ASCAT' se automatiza el proceso de descarga. Después de seleccionar el día, o bien el conjunto de días que se desean descargar, la aplicación se conecta con el servidor FTP de PO.DAAC y descarga, descomprime, organiza y almacena los archivos necesarios.

Por cada día descargado se crea una nueva carpeta dentro del directorio '/DiasAscat'. El nombre de esta carpeta será: '/archivosASCATYYYY-MM-DD'. Tamaño aproximado: 55 MB. Dentro de la misma se encontrarán los archivos de datos descomprimidos y listos para ser procesados. Se descartan los archivos de control, ya que en este caso no son necesarios para realizar el procesamiento de las observaciones.

Se genera también, de forma automática, un archivo extra. En este se unifican todos los anteriores. De esta forma se optimiza el procesamiento de los datos según rangos horarios variables ya que sólo hará falta acceder a un único archivo. El nombre de estos archivos es

UnificacionDiaCompleto.nc .

Este mantiene el formato y una estructura similar a los archivos ASCAT originales. Pero se diferencia de ellos porque en este no se almacenan todas las variables, sino solo aquellas que son necesarias para trabajar con la intensidad y dirección del viento.

En la sección 4.2.1 se detalla como continúa la rama de acción cuando se descargan los archivos desde la interfaz.

Descargar archivos ASCAT via FTP

Información

Este modulo permite la descarga automatizada de los archivos ASCAT publicados por PO.DAAC (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center). Diariamente PO.DAAC publica la información obtenida por el instrumento ASCAT. Son 14 archivos de datos, de aproximadamente 2 MB cada uno luego de ser descomprimidos y junto con 14 pequeños archivos de control. Pueden ser descargados en forma manual desde: ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/ascat/preview/L2/metop_a/25km/ Por cada día descargado, automáticamente se creara una nueva carpeta dentro del directorio '/DiasAscat'. El nombre de esta carpeta sera: '/archivosASCATYYYY-MM-DD'. Tamaño aproximado: 55 MB. Dentro de la misma encontrara únicamente los archivos de datos. Descomprimidos y listos para ser procesados. Verá también un archivo extra, el cual unifica los anteriores. Asegúrese de ingresar fechas validas.

Descargar archivos de un día completo

Dia: Mes: Año:

Descargar Dia

Descargar archivos de un rango de fechas

Desde el Día: Hasta el Día: Del Mes : Del Año:

Descargar Periodo

Fig. 4.3: Menú de descarga de archivos ASCAT.

Como puede verse en las Figs. 4.4 y 4.5 la pagina de inicio de 'Modulo ASCAT' continúa con las opciones de procesar un archivo o bien los datos correspondientes a un rango horario de un día en específico. Según sea el deseo del usuario podrá optar por una opción o la otra. Al pulsar alguno de los botones accederá a la selección del archivo o del día a procesar y luego a un menú desde el cual se toman los parámetros de procesamiento. El curso de acción de estas opciones se encuentra detallado en 4.2.2 y 4.2.3 respectivamente.



Fig. 4.4: Menú de procesamiento de un archivo ASCAT.

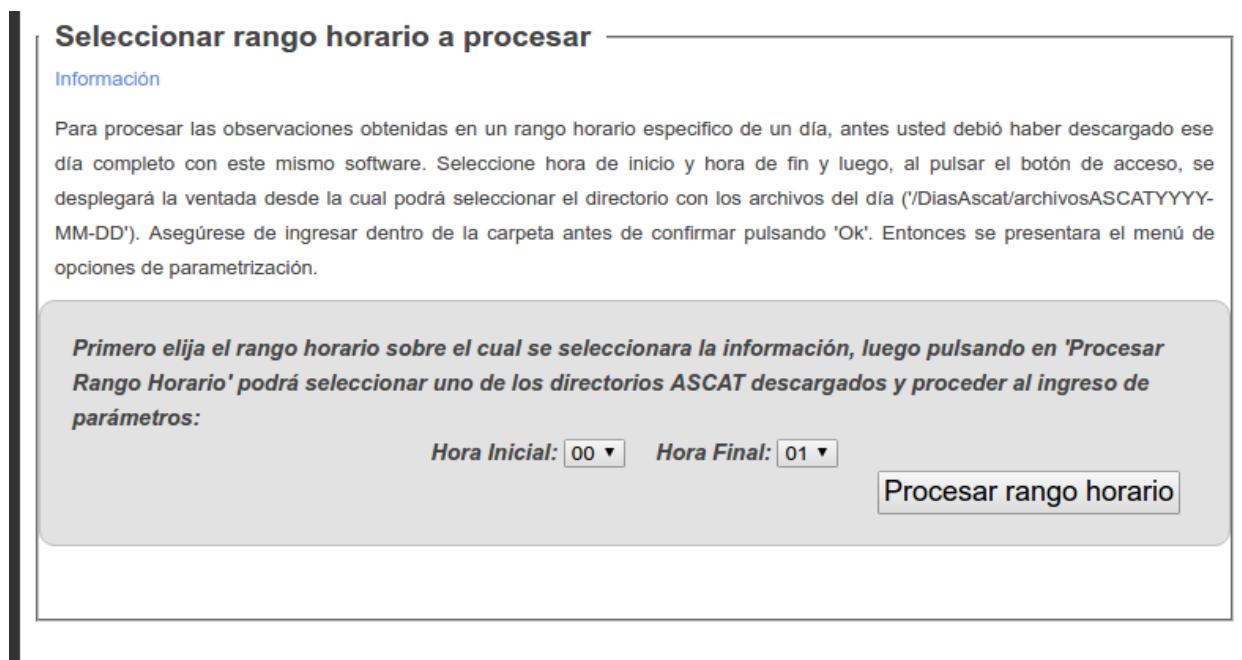


Fig. 4.5: Menú de procesamiento de archivos ASCAT según un rango horario parametrizable.

4.2.1 Descarga de archivos ASCAT desde la interfaz

Como vimos en la Fig. 4.3, existen dos opciones de descarga. Ya sea un día, o un rango de días dentro del mismo mes. Los parámetros se ingresan mediante listas desplegables que se muestran al pulsar cada una de las opciones.

Luego de seleccionar los valores deseados y pulsar el botón de descarga se debe

esperar algunos minutos mientras se crean las carpetas y descargan los archivos correspondientes. Una vez finalizado el proceso y de resultar exitoso se presentará la vista mostrada en Fig. 4.6.



Fig. 4.6: Mensaje de descarga correcta de archivos.

Para el caso mostrado en la Fig. 4.6 se descargó en modo de ejemplo un único día elegido de forma arbitraria. La vista es prácticamente la misma si se descarga un rango de fechas, solo que en ese caso se listan los nombres de cada carpeta de archivos generada.

Técnicamente se dio solución a la problemática de la descarga mediante un script en bash el cual es invocado desde el código fuente del sistema (Python). También se realizan validaciones y verificaciones de parámetros, para que el sistema no permita la descarga en caso de ingresar datos erróneos o solicitar los archivos que ya se encuentran almacenados en directorio 'DiasAscat'. Vemos un ejemplo de esto en la Fig. 4.7.

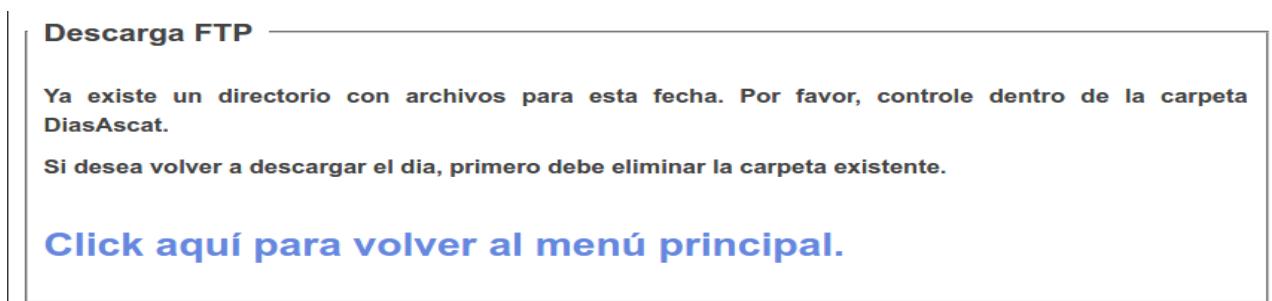


Fig. 4.7: Validación de fechas a descargar.

4.2.2 Procesamiento de un archivos ASCAT desde la interfaz gráfica.

Al pulsar el botón que dice “Procesar archivo” (ver Fig. 4.4) se presenta una pequeña ventana emergente, la cual vemos en la Fig. 4.8 . Desde ella se debe seleccionar el archivo a procesar.

Vale aclarar que es posible procesar archivos descargados en esta misma sesión o en sesiones anteriores e incluso archivos ASCAT que se hayan descargado manualmente o con otro software.

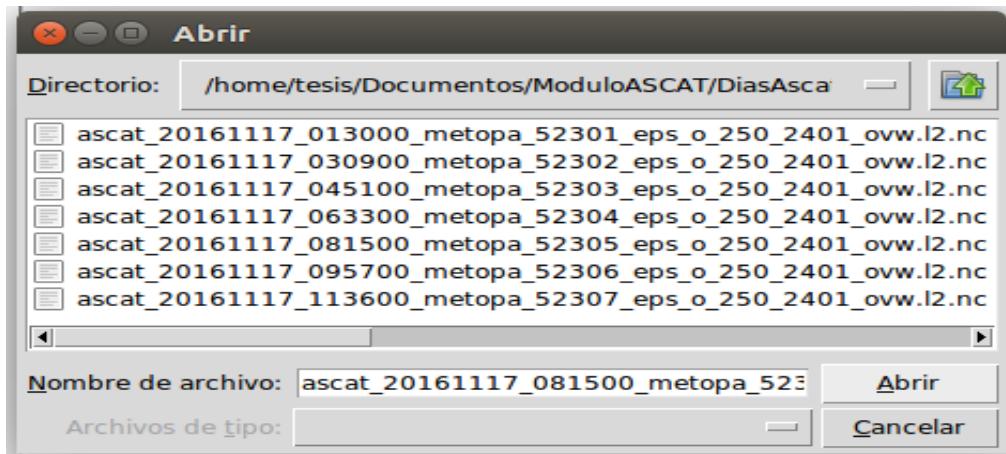


Fig. 4.8: Ventana de selección de archivo.

Para seleccionar un archivo se debe ingresar a la carpeta de archivos correspondiente a la fecha buscada, hacer click sobre uno de los archivos listados y completar el proceso pulsando 'Abrir'.

El sistema realiza una verificación respecto al archivo, el cual debe mantener la estructura interna tal cual como se descargó. De la misma manera, debe mantener el nombre original ya que el sistema toma información del mismo y no funcionará correctamente si este es modificado.

Automáticamente, luego de seleccionar un archivo se presenta un menú de opciones. El que vemos en las figuras 4.9 y 4.10. Aquí es donde se configuran todos los parámetros sobre los cuales se realizará el procesamiento del archivo.

Preparación de los datos

Nombre del archivo:
ascat_20090311_012703_metopa_12408_eps_o_250_1015_ovw.l2

Seleccione la técnica con la que desea procesar los datos:

Información

SuperObbing Thining

Indique el tamaño del área sobre la cual se consideran cercanas las observaciones (ej: 0.30):

Información

Radio de cercanía geográfico, grados: 0.30

Indique el margen de tiempo aceptable para que se consideren cercanas las observaciones:

Información

Radio de cercanía temporal, segundos: 60

Fig. 4.9 Ingreso de parámetros de procesamiento. Parte 1.

Seleccione área geográfica que se desea procesar:

Información

Latitud Mínima (de -90 a 90): -90.0

Latitud Máxima (de -90 a 90): 0.0

Longitud Mínima (de 0 a 360): 220.0

Longitud Máxima (de 0 a 360): 360.0

Seleccione los gráficos que desea generar:

Información

- Ubicaciones de las observaciones en el recorrido del archivo original
- Intensidad del viento en el archivo original
- Ubicación de las observaciones en el área geográfica seleccionada
- Componentes del viento en el área geográfica seleccionada
- Ubicaciones de las observaciones restantes luego de filtrar por calidad
- Componentes del viento en las observaciones de calidad
- Ubicación de las observaciones resultantes luego de aplicar SuperObbing / Thining
- Comparación entre las ubicaciones de las observaciones antes y después de aplicar la técnica seleccionada
- Velocidad y dirección del viento en las observaciones procesadas

Procesar

Checar área ingresada

Fig. 4.10: Ingreso de parámetros de procesamiento. Parte 2.

El menú consta de las siguientes secciones:

- **Selección de la técnica de procesamiento.**

Tal como se explica en la sección 1.4.4 el trabajo se centró en dos técnicas de reducción de datos con las que es posible procesar los datos registrados por el instrumento ASCAT: Superobbing y Thinning. Por lo que se debe seleccionar aquella que se desea aplicar.

- **Radio de cercanía geográfica. (Resolución).**

En el segundo apartado se solicita indicar el tamaño de área sobre la cual se consideran cercanas las observaciones, esto no es otra cosa sino la resolución que se desea obtener como resultado. Es decir, se buscarán todas aquellas observaciones que se encuentren dentro del radio de cercanía geográfica indicado (la unidad es grados) se procesaran según la técnica indicada en el apartado anterior, y resultará una única observación como referencia de toda el área.

El valor ingresado impacta directamente sobre la velocidad de ejecución del sistema, cuanto menor sea el valor, mayor será la resolución y así también mayor será el tiempo de demora hasta obtener los resultados.

- **Radio de cercanía temporal.**

Dos o más observaciones pueden encontrarse lo suficientemente juntas desde el punto de vista geográfico, sin embargo si éstas fueron tomadas en momentos considerablemente diferentes, cometeríamos un error al aplicar Thinning o Superobbing sobre ellas ya que no debe presuponerse que estén registrando la misma situación. En exactamente el mismo lugar la velocidad y dirección del viento puede ser muy diferente entre una hora y otra. Es necesario indicar un margen de tiempo según el cual se consideren cercanas las observaciones. Es particularmente relevante cuando se procesan grandes volúmenes de datos. Entonces, además de tener en cuenta el área de proximidad, se seleccionan aquellas observaciones si el momento en el que fueron tomadas se encuentran dentro del rango máximo temporal indicado.

- **Selección de área geográfica a procesar.**

Uno de los objetivos específicos de este trabajo era permitir el procesamiento de solo un área geográfica y no siempre de todo el planisferio. En este apartado se indican los límites del área que se desea procesar.

Una vez ingresados los valores límites de longitud y latitud, se puede controlar si efectivamente estos delimitan al área pretendida por el usuario haciendo click en “Chequear área ingresada”. Botón ubicado en el extremo inferior derecho de la pantalla. Al hacer click en este botón, se abrirá en una nueva ventana el mapa correspondiente al área que se procesará.

Seleccionar el área específica a procesar optimizará el tiempo de procesamiento y el tamaño de los archivos de salida, ya que se descartarán todos aquellos datos que excedan los límites indicados.

Por defecto se encuentran los valores límites correspondientes al área de Argentina y al rededor.

- **Generación de gráficos. Opciones.**

El sistema ofrece la posibilidad de generar diferentes tipos de gráficos que representan la información o bien las diferentes etapas del procesamiento, en este apartado el usuario debe tildar aquellos gráficos que desea visualizar. A medida que estén disponibles se irán presentando en ventanas independientes, el usuario puede guardar la imagen generada o simplemente cerrarla para que continúe el proceso. Veremos en detalle cada una de las opciones de gráficos disponibles en la sección 4.3

4.2.3 Procesamiento de la información dentro de un rango horario

En la parte inferior del portal de inicio de Modulo ASCAT, se encuentra la opción de procesar solo aquella información correspondiente a un rango horario de un día en específico. Tal como vemos en la Fig. 4.5 .

En este caso, primero se debe seleccionar el rango horario indicando hora de inicio y hora de fin desde las listas desplegables con los posibles horarios. Una vez seleccionado, se debe pulsar “Procesar rango horario” para seleccionar la carpeta correspondiente al día que se desea procesar. Surge una ventana emergente similar a la vista en Fig. 4.8, sin embargo en esta ocasión no se debe seleccionar un único archivo, sino que se debe seleccionar un directorio: aquel que contiene todos los archivos del día a procesar. Cabe aclarar que para un correcto funcionamiento se debe ingresar dentro del directorio y luego pulsar “OK”. Cada directorio contiene en el nombre la fecha correspondiente a los archivos que contiene.

Para procesar la información según rangos horarios variables con el Modulo ASCAT, los archivos deben haber sido descargados mediante este mismo software. Ya que para lograrlo

se vale del “archivo unificado” que se genera automáticamente al realizar la descarga.

El proceso es el siguiente: una vez ingresados los parámetros de límites horarios el sistema transforma las unidades para mantener una correspondencia con la forma de indicar el horario en los archivos originales (Segundos desde 1990). Una vez que las unidades de medida se encuentran unificadas, se realiza una comparación para corroborar que datos se encuentran dentro de el rango indicado y cuales no. Para agilizar este proceso, se utiliza el 'archivo unificado', ya que de esta forma se evitan los procesos de cierre y apertura de cada uno de los archivos.

Todos aquellos datos que cumplen con la condición horaria son almacenados en un archivo temporal de formato netCDF y estructura idéntica a los ASCAT originales. Los datos que no se encuentran dentro del tiempo delimitado no son tenidos en cuenta.

Una vez finalizada esta parte del el proceso se tiene un nuevo archivo independiente con, únicamente, la información ASCAT correspondiente a los horarios indicados. Este archivo puede ser procesado como los originales y una vez finalizado el procesamiento, el mismo es eliminado automáticamente por el sistema.

Una vez seleccionado el rango horario y directorio del día, se accede al menú desde el cual se ingresaran los parámetros para realizar el procesamiento de los datos. Este menú es prácticamente idéntico al explicado en la sección anterior, ver Figs. 4.9 y 4.10. Se diferencia únicamente en que este se titulará con el día y horario a procesar en vez del nombre del archivo.

Si no se siguen las instrucciones anteriormente detalladas para seleccionar el día o el archivo a procesar, el sistema indica el error y no permite continuar con la ejecución.

4.2.4 Resumen del procesamiento y exportación de resultados

Ya sea que se procesó un archivo en particular o un rango horario de un día, en ambos caso el curso del sistema continua con el resumen de los resultados del procesamiento, a ser explicados en esta sección.

Podemos ver su estructura en la Fig. 4.11.

Resumen del procesamiento

Atencion! Se han descartado 62076 mediciones, por no estar en el area de interes, o no poseer la calidad suficiente.

Observaciones procesadas: 6384

===== SE HA APLICADO SUPER OBBING A LAS OBSERVACIONES =====

Cantidad de Observaciones restantes despues de aplicar Super Obbing: 2645

El tiempo de ejecucion fue: 8.52581596375 segundos

Exportar resultados

Seleccione las opciones de su interes:

Información

- Conservar el archivo para almacenamiento. Formato NetCDF
- Conservar archivo de salida en formato BUFR
- Conservar archivo de salida en formato ASCII (.txt)
- Conservar archivo de salida en formato binario, para procesamiento (.dat)

Continuar

Fig. 4.11: Resumen del procesamiento y opciones de exportación de resultados.

Esta ventana se puede dividir en dos partes:

- En el primer apartado se muestran cuestiones generales al procesamiento realizado. Se indican cuantos datos del archivo original no han sido tenidos en cuenta, ya sea por que no garantizaban ser de calidad, o porque excedían el área delimitada por el usuario, y cuantas efectivamente han sido procesadas. Se indica que técnica se ha aplicado, ya sea Thinning o Superobbing, y cuantas observaciones han resultado luego de aplicar la técnica de compresión. Por ultimo se detalla el tiempo que se demoró para obtener estos resultados.
- En el segundo apartado se permite al usuario decidir entre las posibles formas de almacenar los resultados (o bien, no seleccionar ninguna opción y no dejar registro del procesamiento). Las distintas opciones de exportación de resultados se detallan en la sección 1.4.3. La carpeta ModuloASCAT cuenta a su vez con un directorio llamado **ArchivosProcesados**. Dentro de este se genera automáticamente una nueva carpeta por cada procesamiento. donde se ubican los archivos resultantes. Se puede

visualizar en la Fig. 4.12. En el ejemplo, se proceso un único archivo y los resultados fueron exportados en binario, texto plano y netCDF.

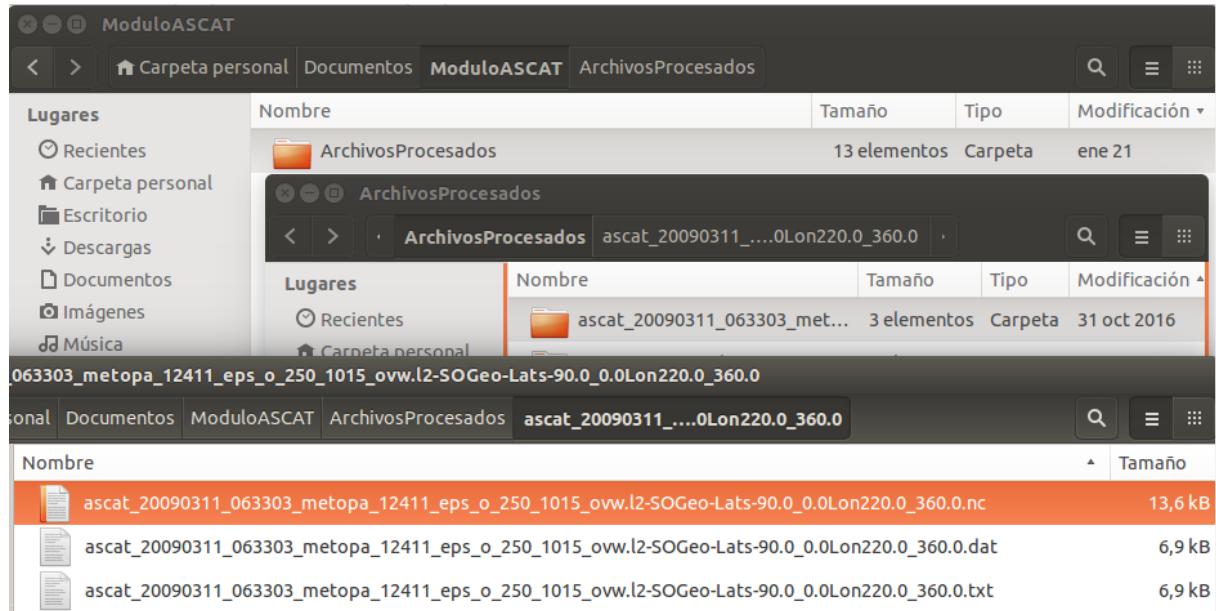


Fig. 4.12 Almacenamiento de los archivos de salida.

Respecto a los nombres que el sistema da a los archivos, estos se asignan según sea haya procesado un archivo o un rango horario.

Si lo que se ha procesado es un único archivo el nombre de la carpeta estará dado por:
Nombre del archivo + inicial de la técnica aplicada ('SO' o 'T') + Limites del área geográfica
procesada. Por ejemplo:
ascat_20090311_063303_metopa_12411_eps_o_250_1015_ovw.l2-SO-Lats-
90.0_0.0Lon220.0_360.0

Si se ha procesado según un rango horario, el nombre de la carpeta comienza indicando que es una franja horaria, luego la fecha, iniciales de la técnica aplicada y finalmente los límites geográficos. Ejemplo: franjaHoraria-archivosASCAT2015-02-01-SO-Lats-
90.0_0.0Lon220.0_360.0

4.2.4.1 Tiempos de ejecución en casos típicos

En el primer apartado de la Fig. 4.11 se encuentra, entre otras cosas, el tiempo de ejecución del proceso. Esto es particularmente importante por que dado la gran cantidad de datos que deben ser procesados hace falta verificar la eficiencia en términos de computabilidad de los algoritmos. Es decir, si el tiempo que el sistema demora en aplicar las técnicas de Superobbing y thinning es demasiado elevado, entonces el sistema no será de utilidad. Los tiempos de demora deben ser razonables.

A continuación se listan los resultados obtenidos (en cuanto a tiempo de ejecución se refiere) en casos de ejecuciones típicas, utilizando una computadora básica cuyas especificaciones técnicas se detallan en la sección 3.1.

Tabla 3: Tiempos de ejecución en casos típicos.

Procesamiento	Técnica	Radio de cercanía Geo.	Radio de cercanía Temp.	Área	Obs. descartadas	Obs. procesadas	Tiempo de ejecución
Archivo ASCAT Nro. 032700 del 21/11/2016	Súper Obbing	0,50°	60 Segs.	Default	60285	8259	4,94 Segs.
Archivo ASCAT Nro. 032700 del 21/11/2016	Thinning	0,50°	60 Segs.	Default	60285	8259	4,66 Segs.
Archivo ASCAT Nro. 072700 del 02/01/2015	Súper Obbing	1°	60 Segs.	Todo el planeta.	34921	33623	20,68 Segs.
Archivo ASCAT Nro. 072700 del 02/01/2015	Thinning	0,5°	60 Segs.	Todo el planeta.	34921	33623	55,09 Segs.
Franja horaria entre las 10 y 15 hs. Archivos ASCAT del 19/11/16	Súper Obbing	0,8°	60 Segs	Default	176904	24654	14,33 Segs.

Franja horaria entre las 10 y 15 hs. Archivos ASCAT del 19/11/16	Thinning	0,8°	60 Segs	Default	176904	24654	13,63 Segs.
Franja de 12 hs – Archivos ASCAT 21/11/16	Thinning	1°	60 Segs	Default	426341	53467	51,69 Segs
Franja de 12 hs – Archivos ASCAT 1/11/16	Thinning	1°	10 Segs	Default	426341	53467	79,56 Segs
Franja de 24 hs – Archivos ASCAT 02/01/15	Super Obbbing	1,5°	60 Segs.	Default	805968	103248	109,64 Segs
Franja de 24 hs – Archivos ASCAT 02/01/15	Super Obbbing	1,5°	450 Segs.	Default	805968	103248	107,64 Segs
Franja de 24 hs – Archivos ASCAT 02/01/15	Thinning	2,0°	450 Segs.	Todo el planeta	476884	432332	1365,19 Segs.

4.2.5 Fin del procesamiento y página de despedida

Si se ha tenido éxito en el procesamiento de los datos y todo se ha hecho con normalidad, según lo indicado; entonces el sistema finaliza con una pagina de despedida y agradecimiento, la cual podemos ver en la Fig. 4.13. Haciendo click en la cabecera del sitio o en cualquier parte de la imagen inferior, automáticamente el sistema se re-dirige al portal inicial, limpiando y reiniciando todas las variables involucradas en el proceso, de modo tal que es posible continuar operando con el modulo y procesar nuevos lotes de datos.



Fig. 4.13: Despedida del sistema y agradecimiento.

4.3 Gráficos generados por el sistema

En esta sección se explican las opciones para generar gráficos del sistema. Cada imagen cuenta con una barra de opciones en la parte inferior, mediante ésta el usuario puede hacer zoom sobre cualquier sector de las imágenes o bien guardarlas en su computadora.

4.3.1 Ubicaciones de las observaciones en el recorrido del archivo original

Ya sea un único archivo, o una franja horaria. Es posible generar gráficos donde se representa la ubicación de los datos a procesar. Por cada observación se incluye, sobre el planisferio, un punto en color rojo que indica la ubicación geográfica exacta donde se ha registrado.

Esta información es útil al usuario, ya que le permite fácilmente darse cuenta del recorrido del satélite, es decir, la región geográfica que cubre inicialmente el archivo que se ha de procesar. En la parte superior derecha se indica la cantidad total de observaciones incluidas en el procesamiento. Ejemplos en las Figs. 4.14 y 4.15.

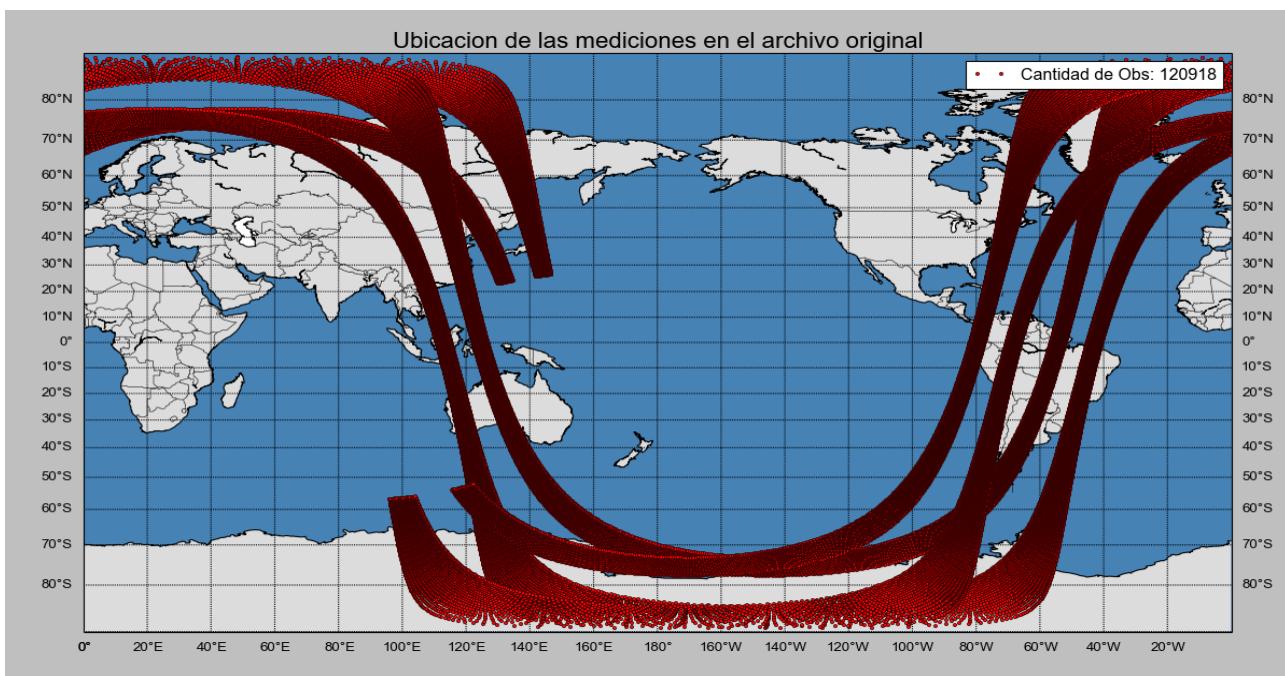


Fig. 4.14: Ejemplo, gráfica de la ubicación de las observaciones en el lote de datos original

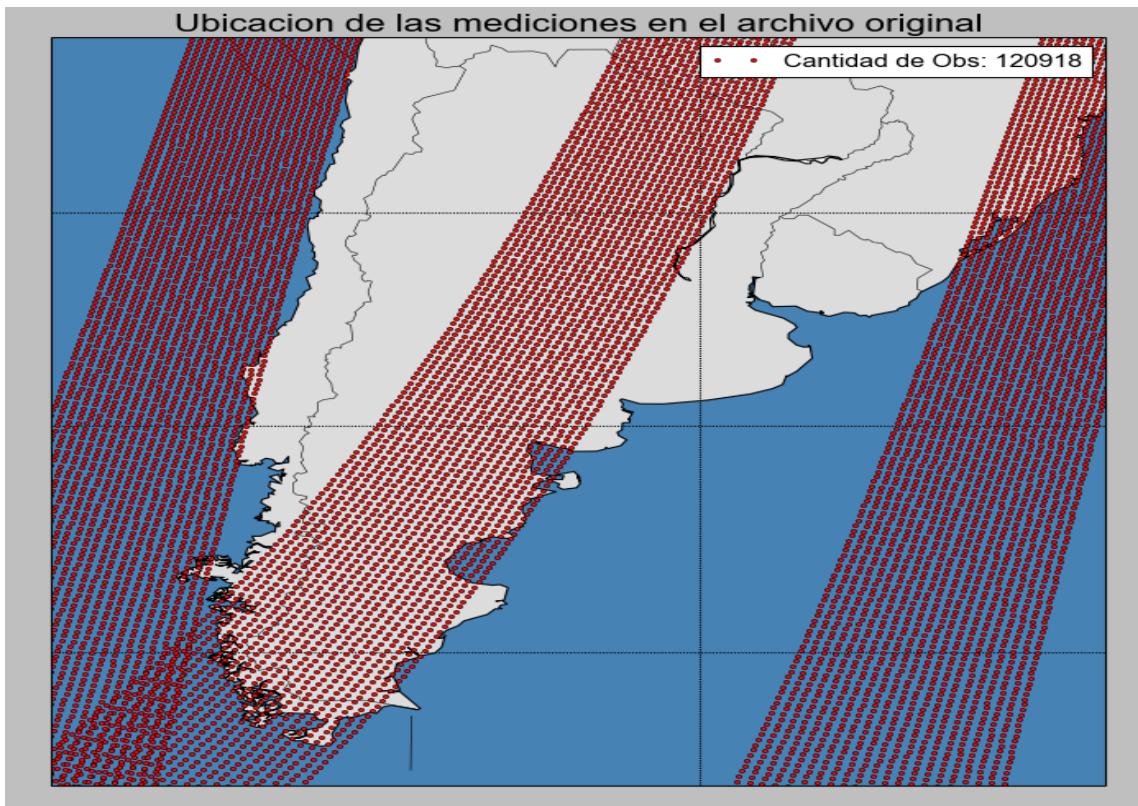


Fig 4.15: Ampliación de la Fig 4.14, sobre el área Argentina

Siempre se graficará sobre el planisferio en su totalidad aunque se haya seleccionado un área a procesar en específico. Esto se debe a que se grafica la información de todo el lote de datos original, antes de realizar el recorte según área geográfica.

4.3.2 Intensidad del viento en el archivo original

Del mismo modo que en el caso anterior (sección 4.3.1), aquí también se trabaja sobre el lote completo de datos originales y se grafica sobre todo el planisferio. La diferencia es que en este caso se indica también la intensidad del viento en los puntos registrados.

La intensidad se representa según una escala de colores, la cual se encuentra en el inferior de la imagen. Los valores indicados sobre la barra están expresados en kilómetros por hora. Como se muestra en las Figs. 4.16 y 4.17.

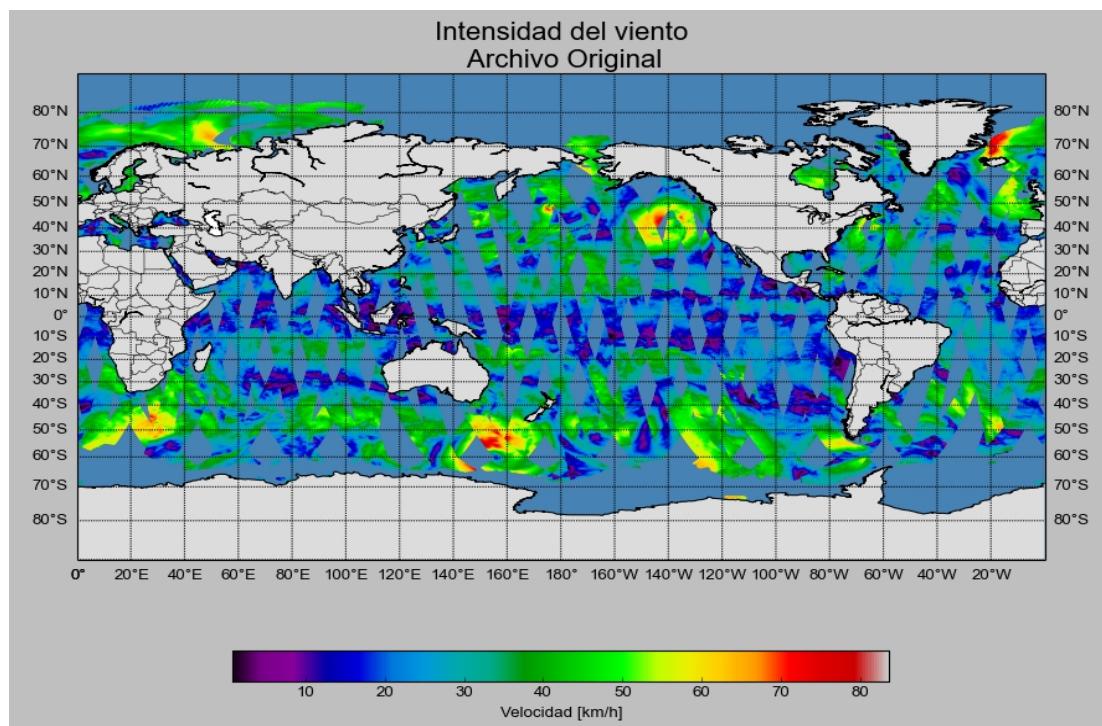


Fig. 4.16: Ejemplo, gráfica de la Intensidad del viento en el archivo original

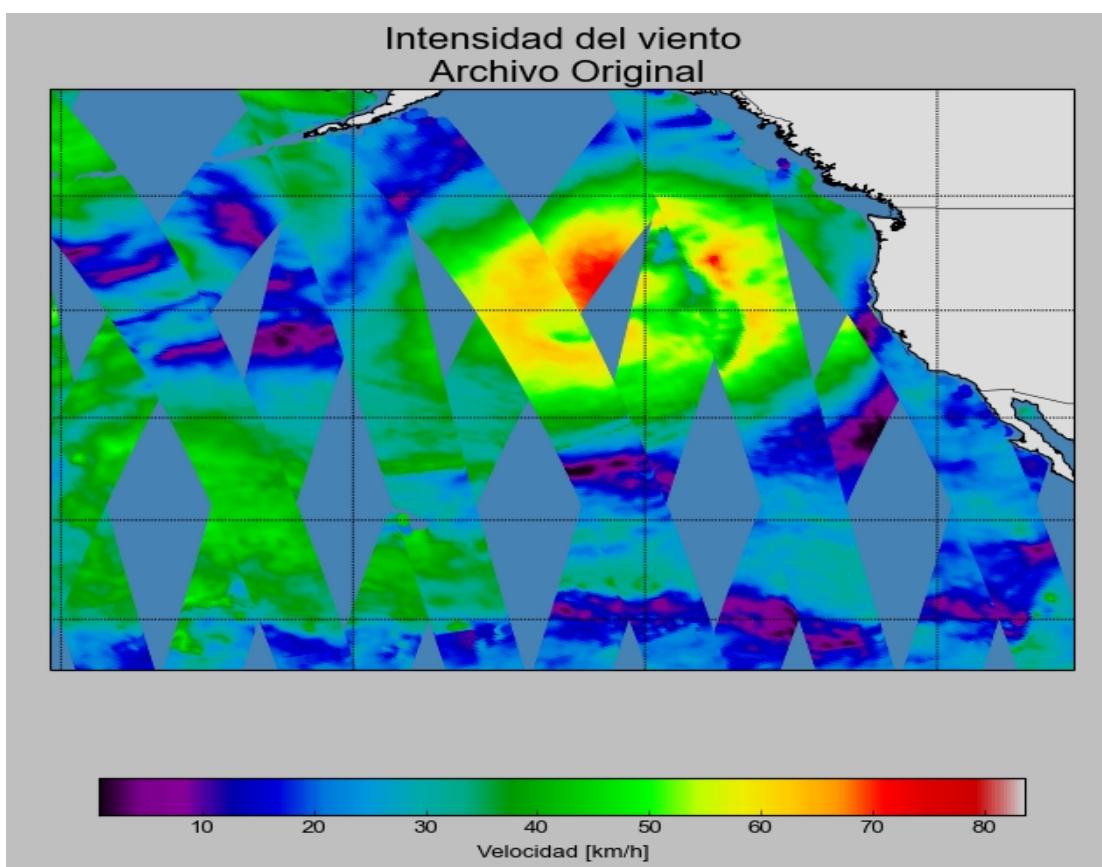


Fig. 4.17 Ampliación de la Fig. 4.16. Viento en la costa
oeste de EEUU y Canadá.

4.3.3 Ubicación de las observaciones en el área geográfica seleccionada

Al igual que en la sección 4.3.1, se puede representar gráficamente la ubicación de las observaciones. Se diferencia de aquella por que aquí ya se ha restringido el lote de datos a solamente aquellos que se encuentran dentro del área de procesamiento delimitada por el usuario.

Si el área de procesamiento es relativamente chica, es posible que no haya datos registrados en el sector y por lo tanto el gráfico no incluya ningún punto rojo. Por el contrario, si el usuario ha seleccionado trabajar con todo el mapa completo, entonces el gráfico no tendrá diferencias con el del archivo original (gráfico global).

En el extremo derecho se contabilizan las observaciones incluidas en esta área en particular. Ya se han descartado todas aquellas que exceden los límites de la misma (Fig. 4.18).

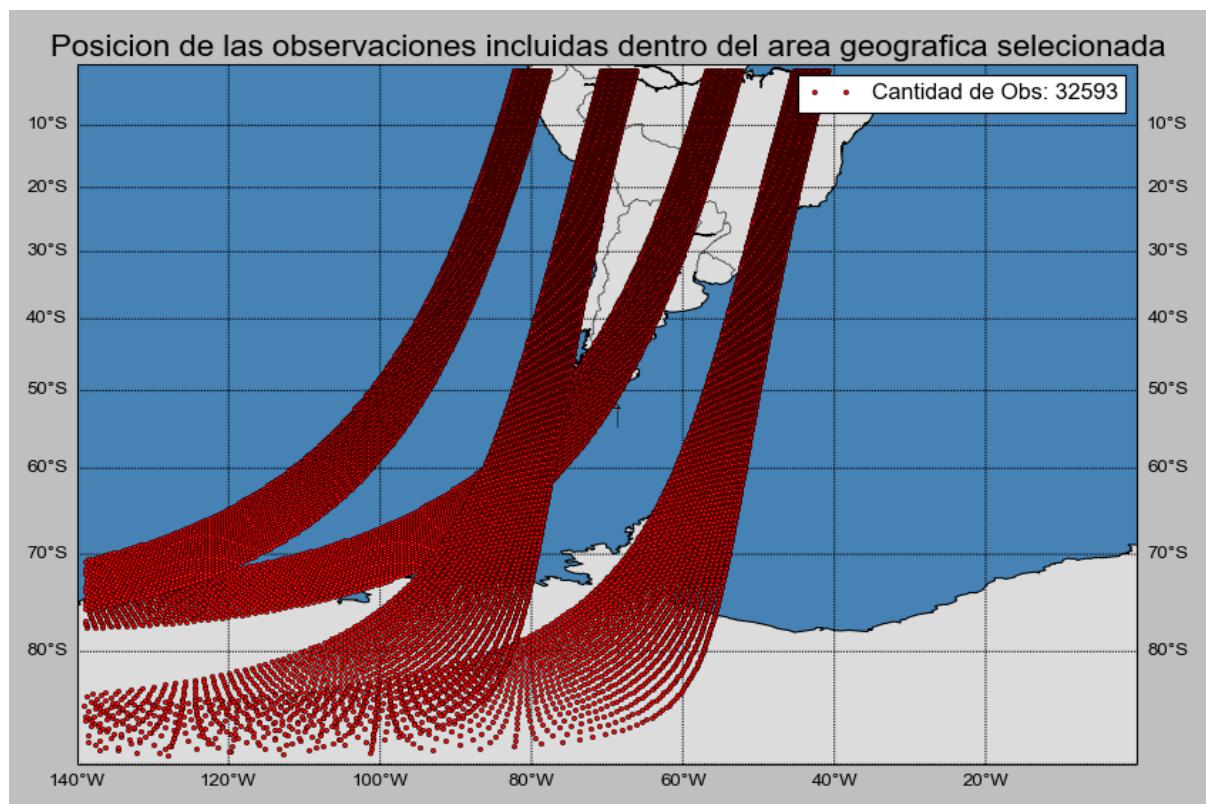


Fig. 4.18: Ejemplo, observaciones incluidas dentro del área default.

4.3.4 Componentes del viento en el área geográfica seleccionada

Una vez limitado el lote de datos a aquellos ubicados en el área de interés del usuario, es posible graficar la intensidad y la dirección tal cual se encuentra en el archivo original, antes de aplicar ningún filtro o técnica de compresión (Ver Fig. 4.19).

Notar que los colores se re-acomodan según sean los valores máximos y mínimos de intensidad, en función de cubrir todo el espectro de colores (En la Fig. 4.16 el color rojo indica vientos de entre 70 y 80 km/h, mientras que en la Fig. 4.19 el rojo representa viento de entre 56 y 64 km/h).

La dirección esta representada por vectores que indican el sentido del viento. Por la alta resolución, es posible que éstas no se aprecien fácilmente al ver la imagen completa, pero haciendo zoom sobre ellas se pueden ver claramente e interpretar de donde venía el viento al momento que ASCAT realizó la medición. Se muestra un ampliación de una imagen generada por esta opción en la Fig. 4.20. No es posible representar de esta manera a las observaciones que están sobre los continentes, ya que ASCAT no es capaz de medir el viento en esta superficie.

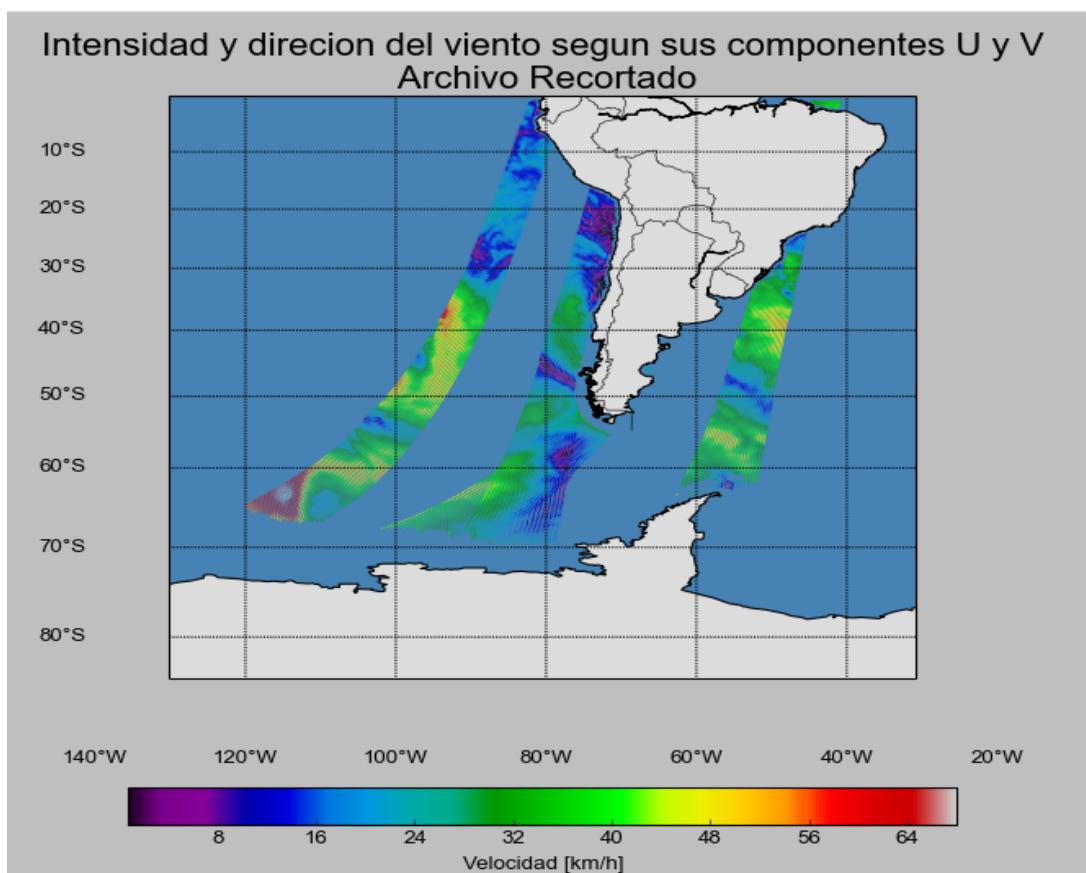


Fig. 4.19: Ejemplo, intensidad y dirección del viento en archivo original

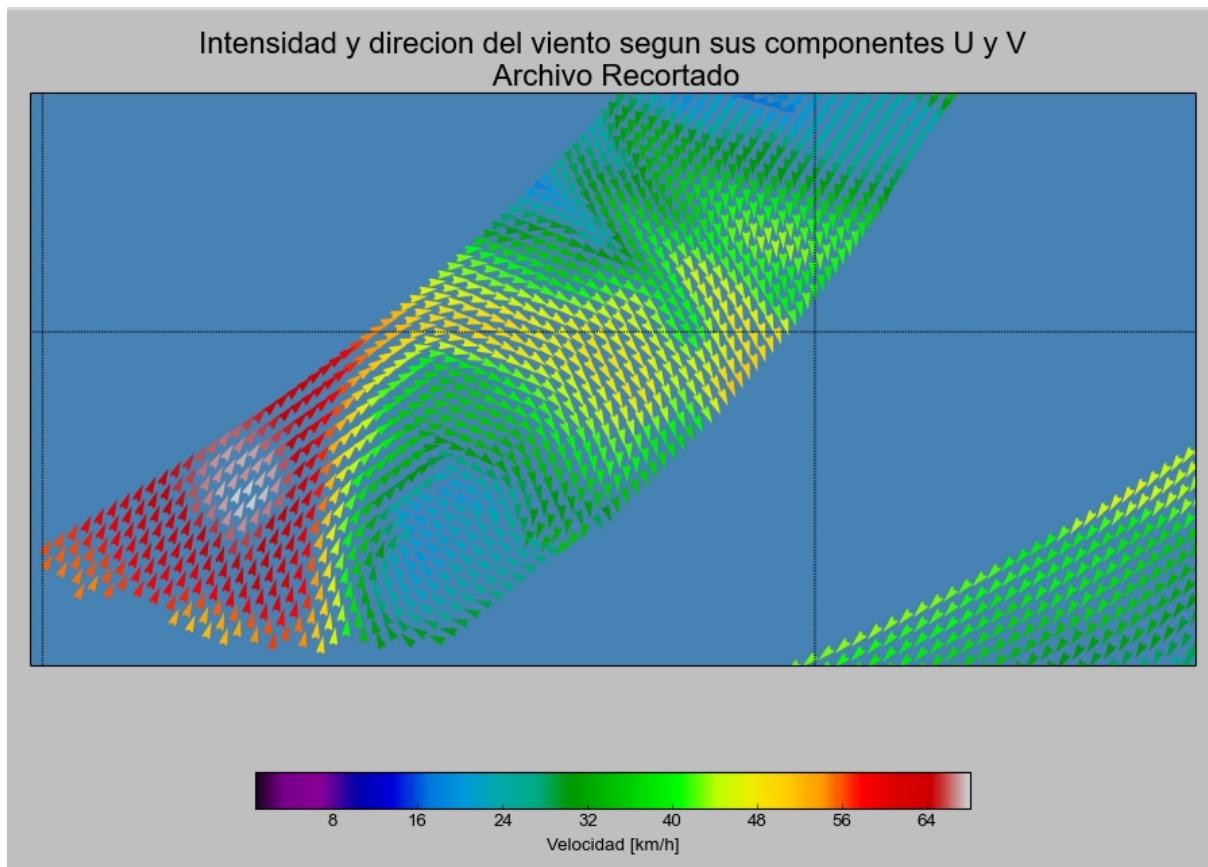


Fig. 4.20: Ampliación de la Fig. 4.19. Dirección e intensidad del viento en archivo original.

4.3.5 Ubicaciones de las observaciones restantes luego de filtrar por calidad

Esta opción de imágenes es análoga a la explicada en la Sección 4.3.3 pero en este caso, además de limitar el lote de datos a aquellos que están dentro del área geográfica seleccionada por el usuario, también se realiza un filtrado adicional descartando todas aquellas observaciones que no garanticen ser de calidad. Se reduce así aún más la cantidad de observaciones respecto a la cantidad contenida en el archivo original.

Se obtiene mediante esta opción una ilustración de la ubicación de las observaciones del lote de datos ya preparado para que se aplique la técnica de compresión correspondiente. Podemos ver una de las imágenes generada por esta opción en la Fig. 4.21.

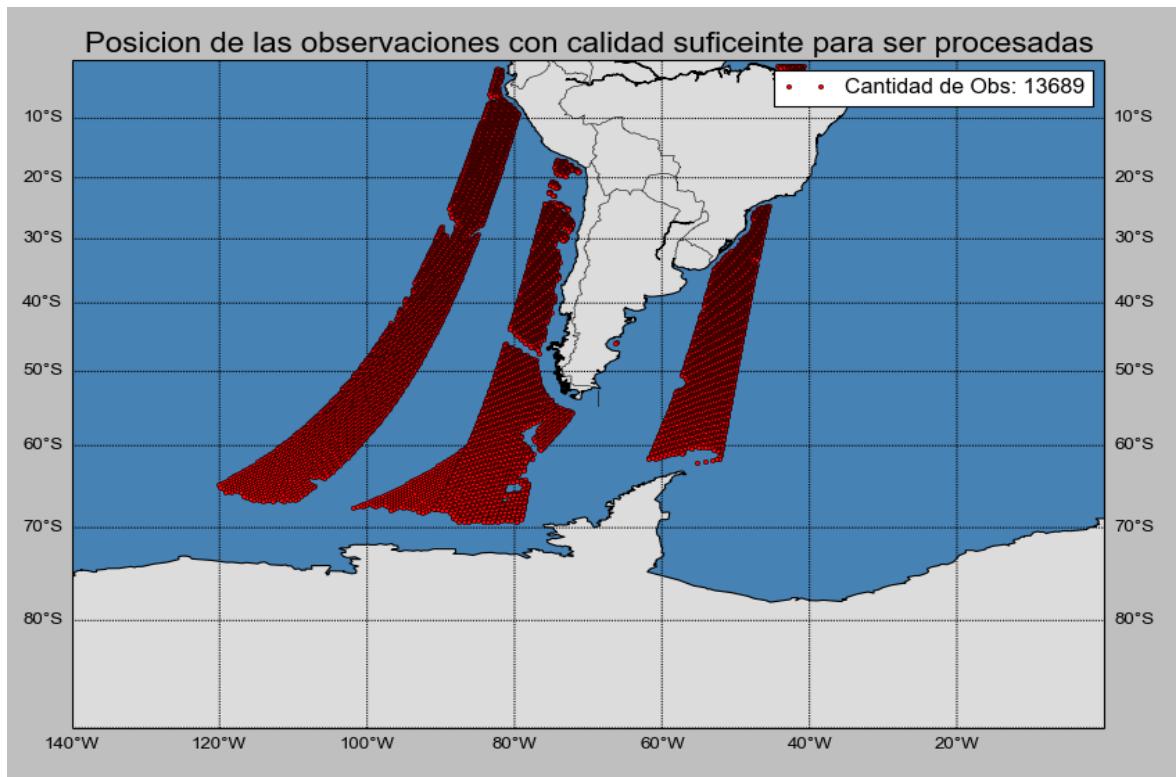


Fig. 4.21: Ubicación de las observaciones luego de filtrar aquellas que no garantizan calidad.

4.3.6 Componentes del viento en las observaciones de calidad

Siguiendo con lo explicado en las secciones anteriores, ya habiendo recortado el archivo según un área geográfica y analizado los flags de calidad de cada observación, es posible graficar los datos de intensidad y velocidad del viento en este lote de datos. La Fig 4.22 es un ejemplo de esta opción gráfica y la Fig. 4.23 una ampliación de la misma que permite ver en detalle la dirección del viento y el filtrado realizado sobre las observaciones.

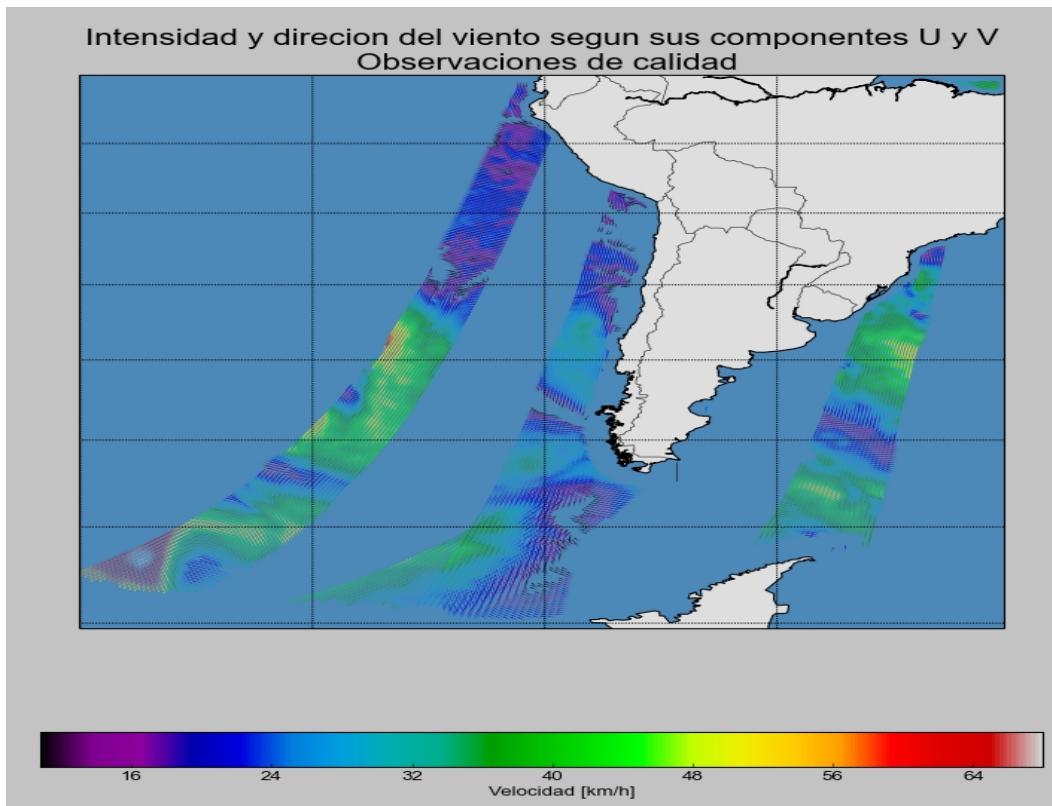


Fig. 4.22: Ejemplo, intensidad y dirección del viento en el lote de datos a procesar.

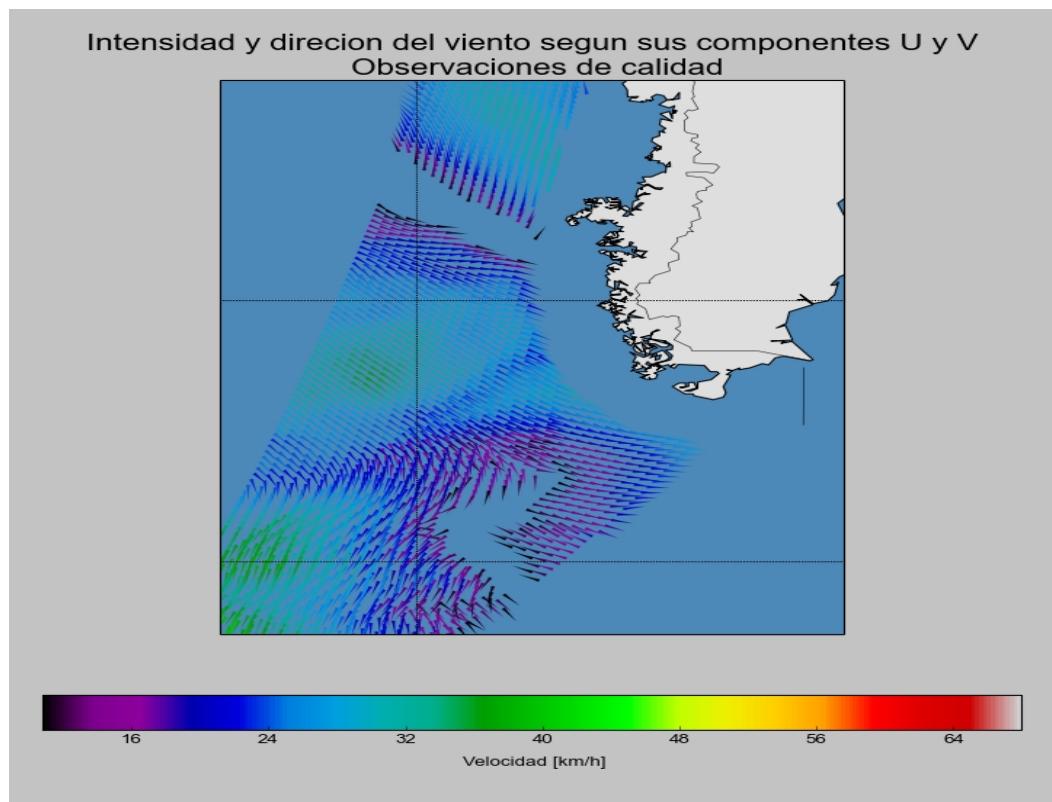


Fig. 4.23: Ampliación de Fig. 4.22. Datos filtrados por calidad.

4.3.7 Ubicación de las observaciones resultantes luego de aplicar SuperObbing / Thinning

Una vez que las observaciones son procesadas, según se haya aplicado Thinning o SuperObbing, el lote de datos se ve modificado. En este apartado es posible graficar la ubicación geográfica que tienen las observaciones luego de ser procesadas. Cada registro es representado con un punto en color azul, ubicado en la posición correspondiente al lugar donde se toma esa medición. Se cambia el color de los puntos respecto de las gráficas de posición anteriores (Ver Figs. 4.14, 4.15, 4.18 y 4.21) para identificar que no son los datos originales, sino que se ha realizado un tratamiento de compresión y reducción de error correlacionado sobre ellos. Comparar la cantidad de observaciones que había originalmente y cuantas han quedado después del procesamiento da un indicio de la efectividad de la técnica y si los resultados son los esperados. Podemos ver un ejemplo de estas gráficas en la Fig. 4.24.

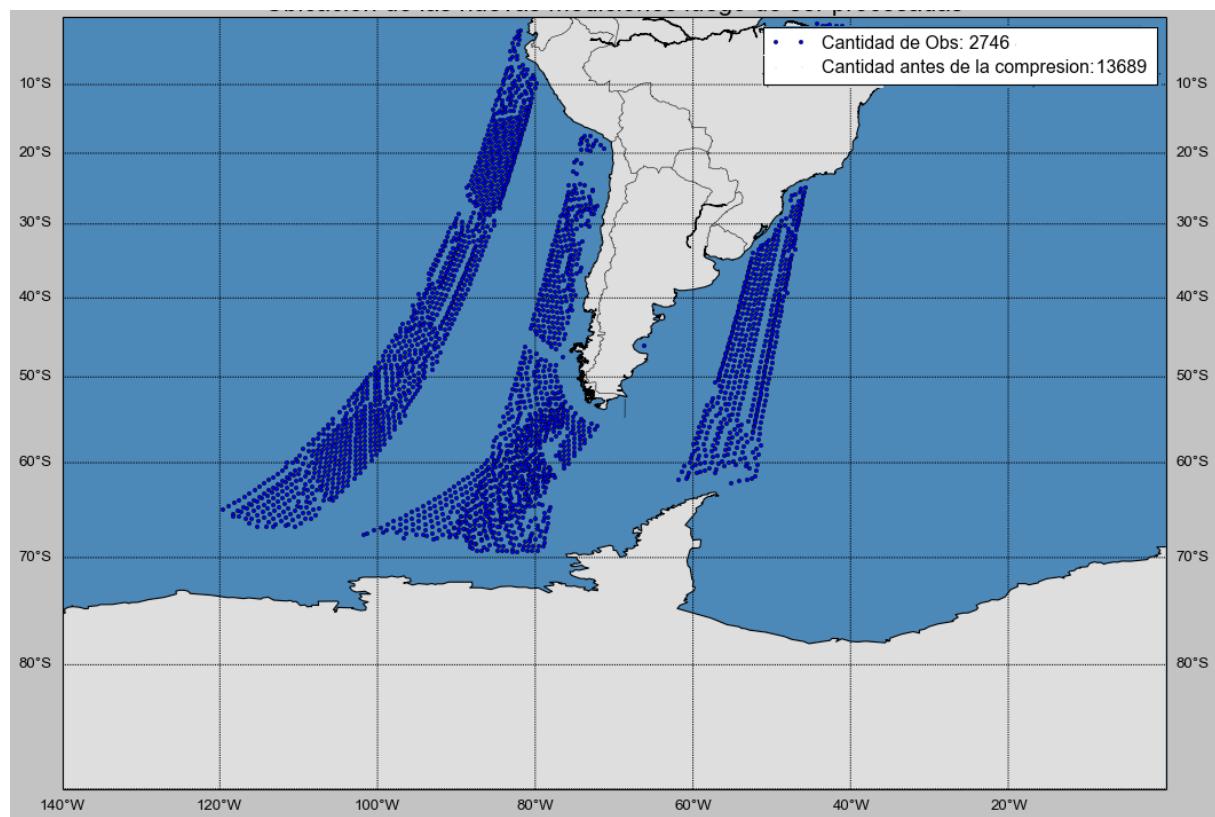


Fig. 4.24: Ejemplo, posición de las observaciones luego de ser procesadas.

4.3.8 Comparación antes y después de aplicar la técnica seleccionada

Otra alternativa que ofrece “Modulo ASCAT” es comparar en una misma gráfica la ubicación de las observaciones del lote de datos original (luego de filtrar por calidad y limitando al área indicada por el usuario) con la ubicación de las observaciones después de aplicar Thinning o SuperObbing. Este gráfico permite comprender como la técnica aplicada ha afectado a los datos y ver cual es la densidad de observaciones que se obtuvo como resultado. Con azul se indica la ubicación de las observaciones antes de aplicar la técnica de compresión y con puntos de mayor tamaño y color rojo la ubicación de las observaciones ya procesadas. La Fig. 4.25 es un ejemplo de este tipo de imágenes, donde se han procesados los datos a una resolución muy baja a fin de lograr una ilustración mas representativa. En la esquina superior derecha se indican la cantidad de observaciones incluidas en cada conjunto.

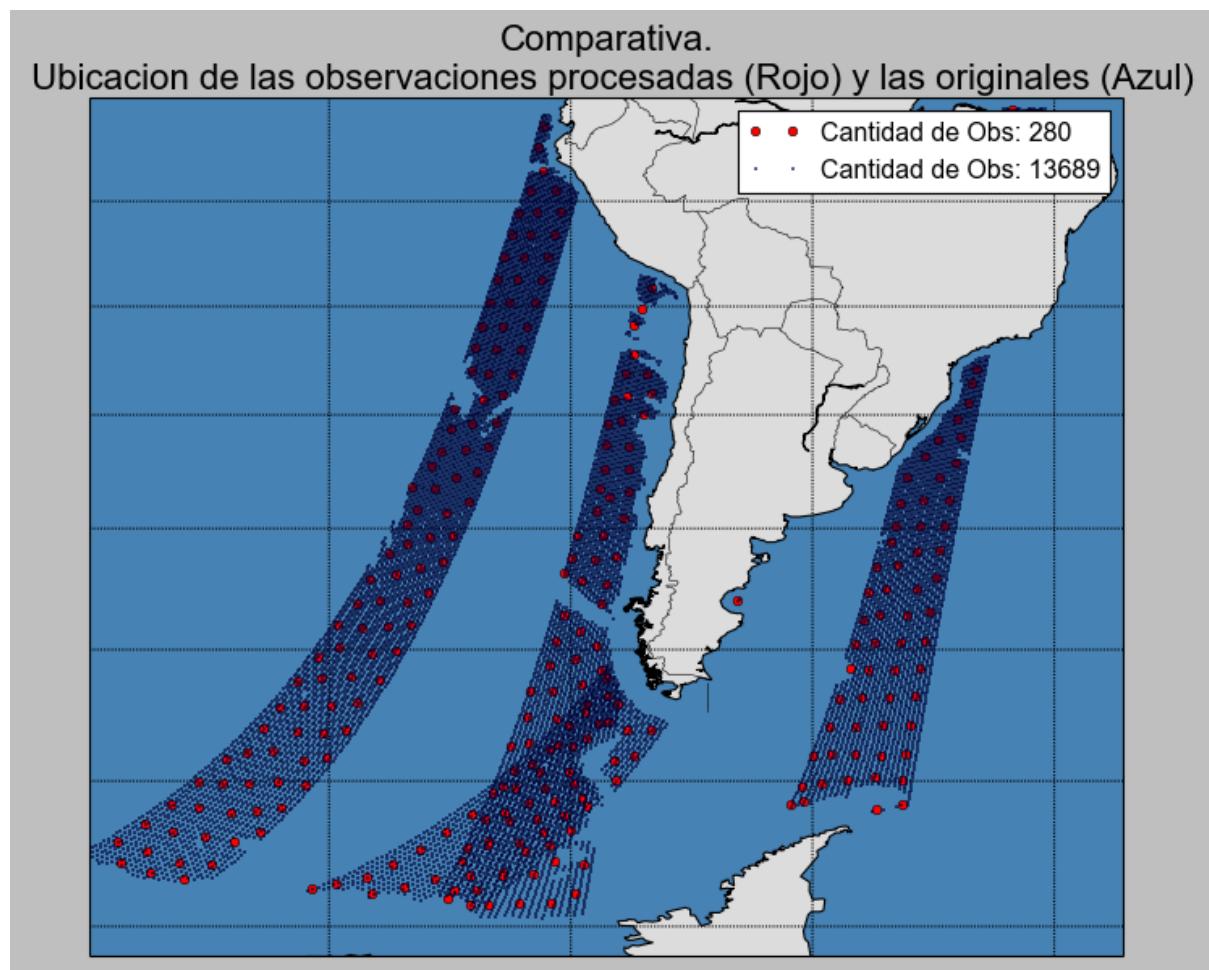


Fig. 4.25: Ejemplo, ubicación de las observaciones procesadas comparadas con las originales.

Las figuras 4.26 y 4.27 son ampliaciones realizadas a gráficas comparativas entre observaciones procesadas y sin procesar. Se ve en ellas el detalle de la aplicación de las técnicas de Thinning y Super Obbing, explicadas ambas en la sección 1.4.4 de este informe.

En el caso de la Fig. 4.26 se ha aplicado Thinning. Se puede ver que todos los puntos de color rojo (observaciones procesadas) se corresponden siempre con alguno de color azul (observaciones originales). Esto nos indica que el sistema tomo una de esas observaciones como única y representante de todo el conjunto de observaciones de ese sector. Esto, en efecto, es el funcionamiento de esta técnica. Se selecciona una de las observaciones de entre las que están suficientemente cerca geográfica y temporalmente y se descartan las demás. Así sucesivamente hasta haber comprobado la ubicación de todas las observaciones contenidas en el lote de datos original.

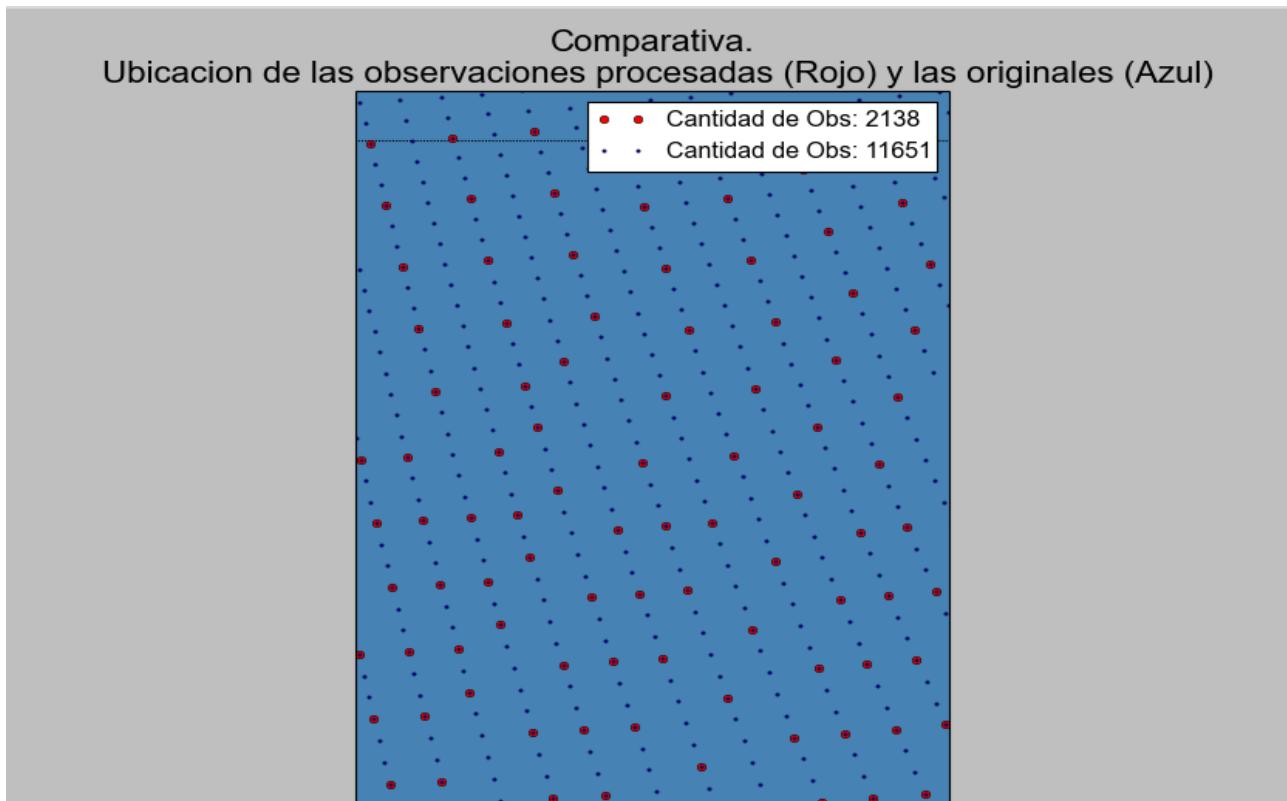


Fig. 4.26: Ubicación de las observaciones procesadas luego de aplicar Thinning.

En la Fig. 4.27 se ha aplicado Super Obbing, a diferencia del caso anterior podemos ver en ella que los puntos de color rojo (observaciones procesadas) no se corresponden con la ubicación de los azules (ubicación de las observaciones antes de ser procesadas). Vale aclarar que esto no siempre sera así, ya que también es posible que ambas ubicaciones coincidan. Recordemos, brevemente, que la técnica de súper obbing se basa en tomar las

observaciones cercanas, promediar cada uno de sus atributos y generar una nueva 'super observación' que represente al conjunto incluyendo en ella los valores promediados.

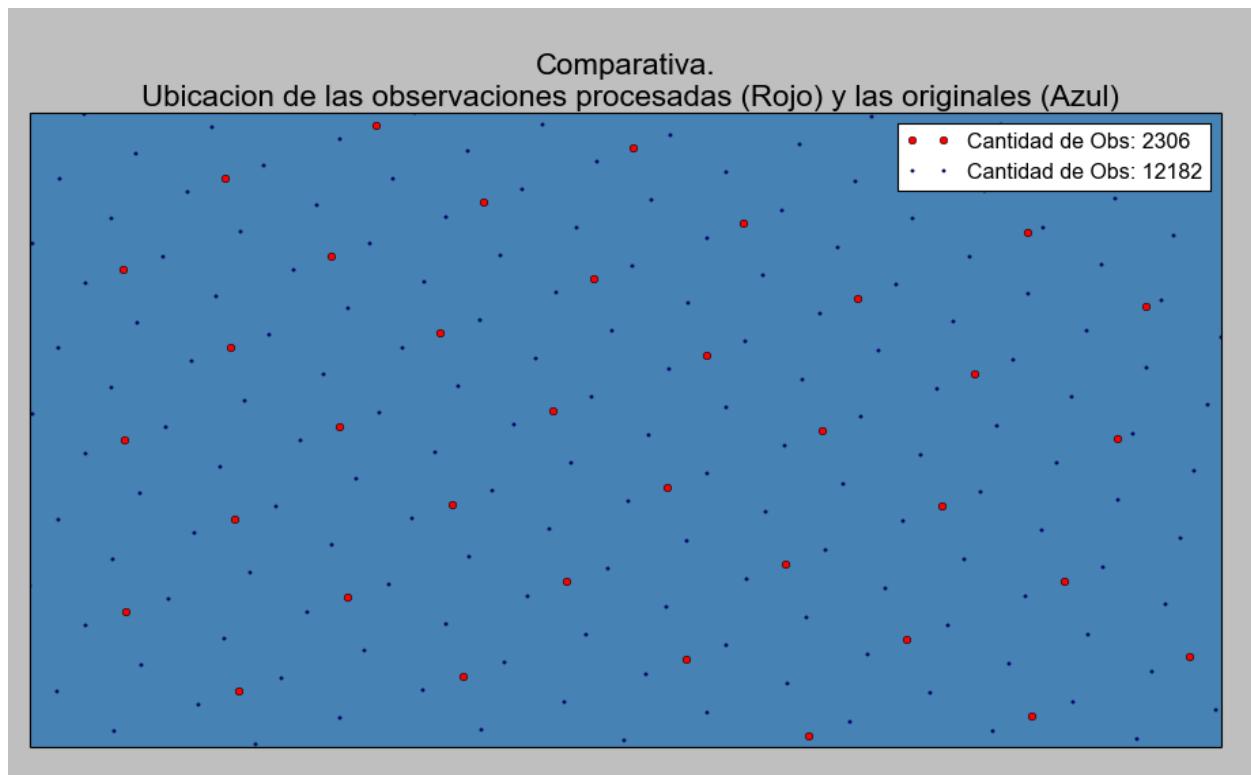


Fig. 4.27: Ubicación de las observaciones procesadas luego de aplicar SuperObbing.

4.3.9 Velocidad y dirección del viento en las observaciones procesadas

La última opción de gráficos posibles permite representar los datos de dirección e intensidad del viento obtenidos como resultado del proceso, a fin de poder hacer un análisis rápido, que permita comprobar si los resultados se ajustan a lo esperado o no. Es decir, una vez que se ha completado todas las etapas de filtrado de datos y se ha aplicado la técnica correspondiente, el usuario dispone de la posibilidad de graficar esta información.

Vemos en las Fig. 4.28, 4.29 y 4.30 como al disminuir la resolución según la cual se procesan los datos aumenta el tamaño de cada una de los vectores que indican dirección. Vale aclarar que en estos gráficos las flechas son de igual tamaño entre ellas, ya que ellas indican solo dirección y no intensidad no hay razón para que tengan distintas medidas. El sistema siempre pretende hacer las flechas del mayor tamaño posible teniendo en cuenta la densidad de las observaciones. Es decir, a menor resolución, mayor será la flecha que indica la dirección.

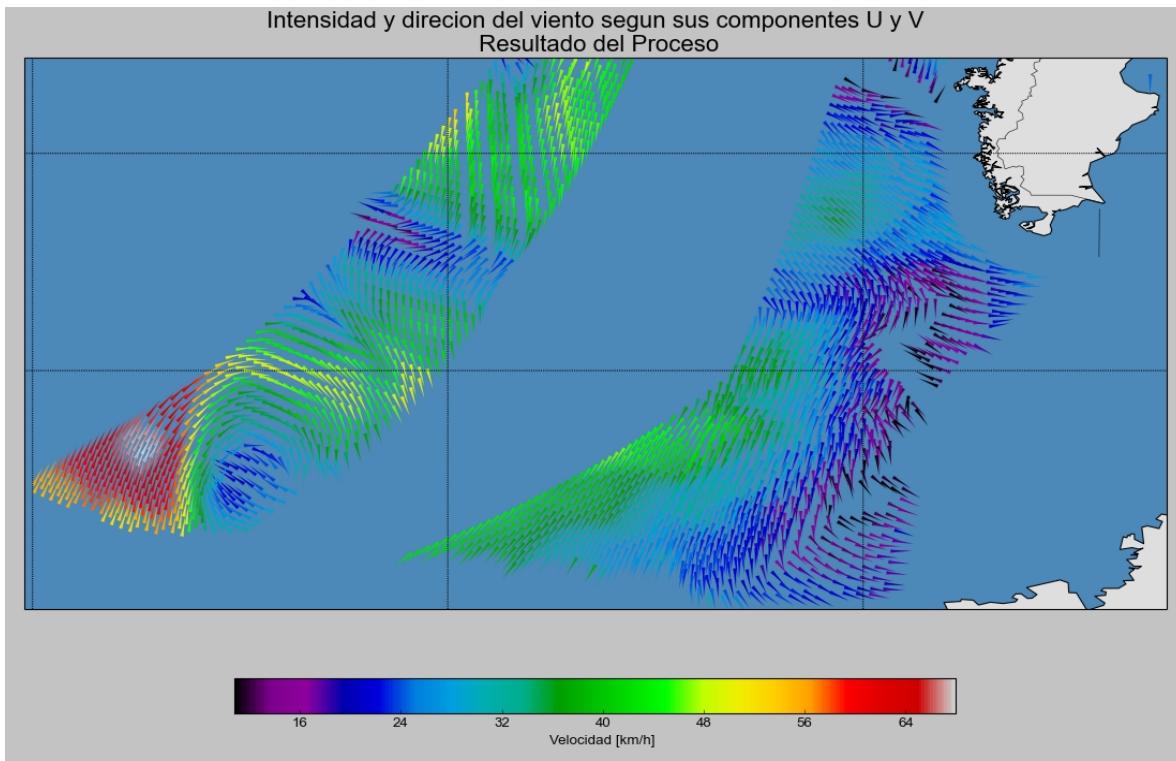


Fig. 4.28: Intensidad y dirección del viento resultante al procesar con amp. de 0,3 grados.

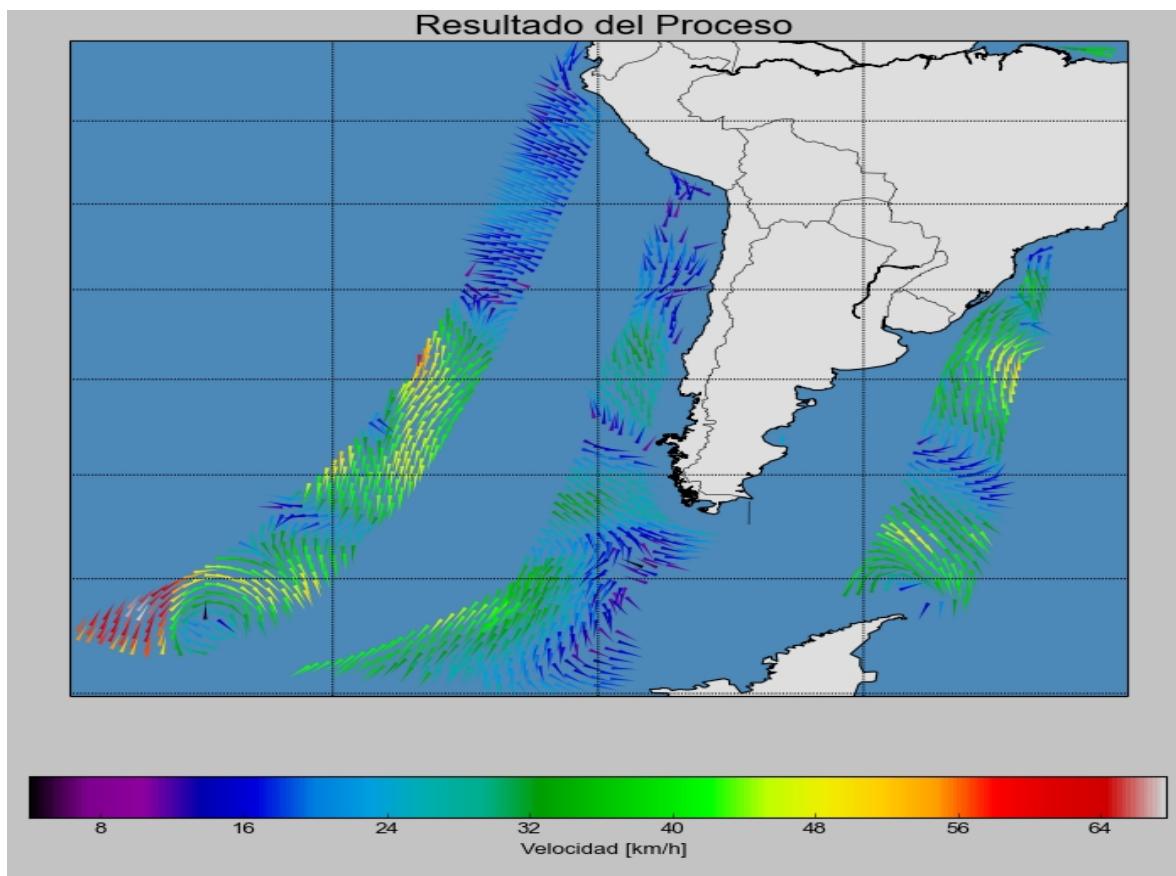


Fig. 4.29: Intensidad y dirección del viento resultante al procesar con amp. de 0,6 grados.

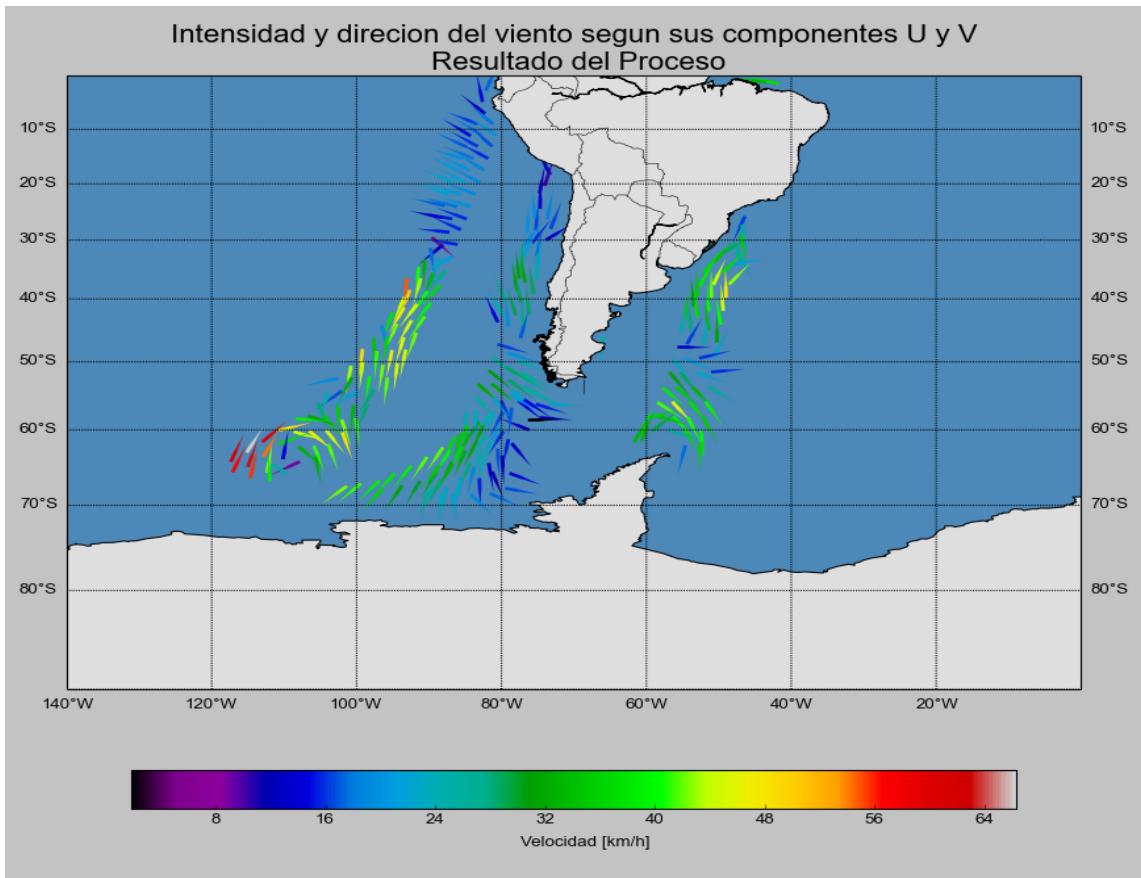


Fig. 4.30: Intensidad y dirección del viento resultante al procesar con amplitud de 2 grados.

4.4 Uso del sistema mediante comandos interactivos

Otra forma de utilizar Modulo ASCAT, además de la opción gráfica vista en las secciones anteriores, es ejecutar la aplicación desde la linea de comandos.

Desde allí también es posible realizar descargas de archivos ASCAT (ya sea de un día a la vez, o todos los días comprendidos en un rango de fechas), procesar archivos o bien realizar el procesamiento de los datos según rangos horarios variables.

Es posible realizar todas aquellas gráficas explicadas en la sección 4.3 y también exportar los resultados obtenidos en formato NetCDF, BUFR, binario o de texto.

Para dar inicio al programa se debe, desde la consola de comandos, ejecutar "**ASCATConsola**". Esto automáticamente da inicio a la aplicación en la misma terminal, sin importar el directorio de trabajo desde el cual se ejecute la instrucción.

El ingreso de los parámetros se realiza interactivamente. El sistema solicita los parámetros necesarios uno a uno, presentando un menú de opciones al usuario en el que en verde figuran las opciones posibles y en rojo aquellas que están bloqueadas por que corresponden a otra etapa del procesamiento. (Las opciones se van bloqueando y desbloqueando según corresponda). Si el usuario ingresa una de las opciones bloqueadas el sistema vuelve a solicitar el ingreso del parámetro hasta que se cumpla la condición.

Se pueden distinguir tres etapas correspondientes a esta forma de uso del sistema que veremos a continuación.

1. Descargas o selección de archivos a procesar. (Sección 4.4.1).
2. Selección de la técnica. (Sección 4.4.2).
3. Generación de gráficos y archivos de salida. (Sección 4.4.3).

4.4.1 Descargas o selección de archivos a procesar.

En la etapa inicial, al ejecutar “**ASCATConsola**” se muestra la presentación del sistema y luego el menú de opciones entre las cuales debe optar el usuario. Tal como podemos ver en la figura 4.31.

El usuario tiene 3 opciones disponibles, sin contar la opción de salida.

- 1 ==> Descargar archivos ASCAT vía FTP.*
- 2 ==> Seleccionar un archivo específico a procesar.*
- 3 ==> Seleccionar rango horario de un día, para procesar.*

Fig. 4.31: Menú de opciones inicial de “Modulo ASCAT” en ejecución por consola.

Si el usuario ingresa el numero 1 y luego pulsa 'enter', indica al sistema que se pretende realizar la descarga de archivos ASCAT. El conjunto de eventos internos que se disparan al ejecutar esta opción, corresponde a la descarga automática y la descompresión de los archivos, el almacenamiento de los mismos en las carpetas correspondientes, filtrado de aquellos que no son necesarios y generación del archivo unificado, todos estos eventos son análogos a los explicados en la sección 4.2.1: "Descarga de archivos ASCAT desde la interfaz gráfica".

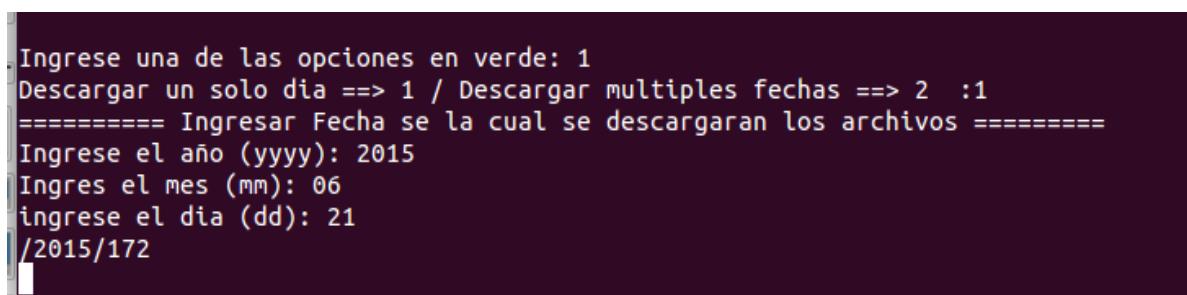
Se diferencia, únicamente, en como son ingresados los parámetros.

Una vez que el usuario ingreso la opción uno el sistema solicita al usuario si desea descargar solo los archivos de una fecha o bien todos los existentes entre un rango de fechas. Esto lo podemos ver en la figura 4.32, donde se muestran los parámetros ingresados para descargar un día elegido arbitrariamente.

Luego de ingresar el día a descargar el sistema presenta el año y el número de día que le

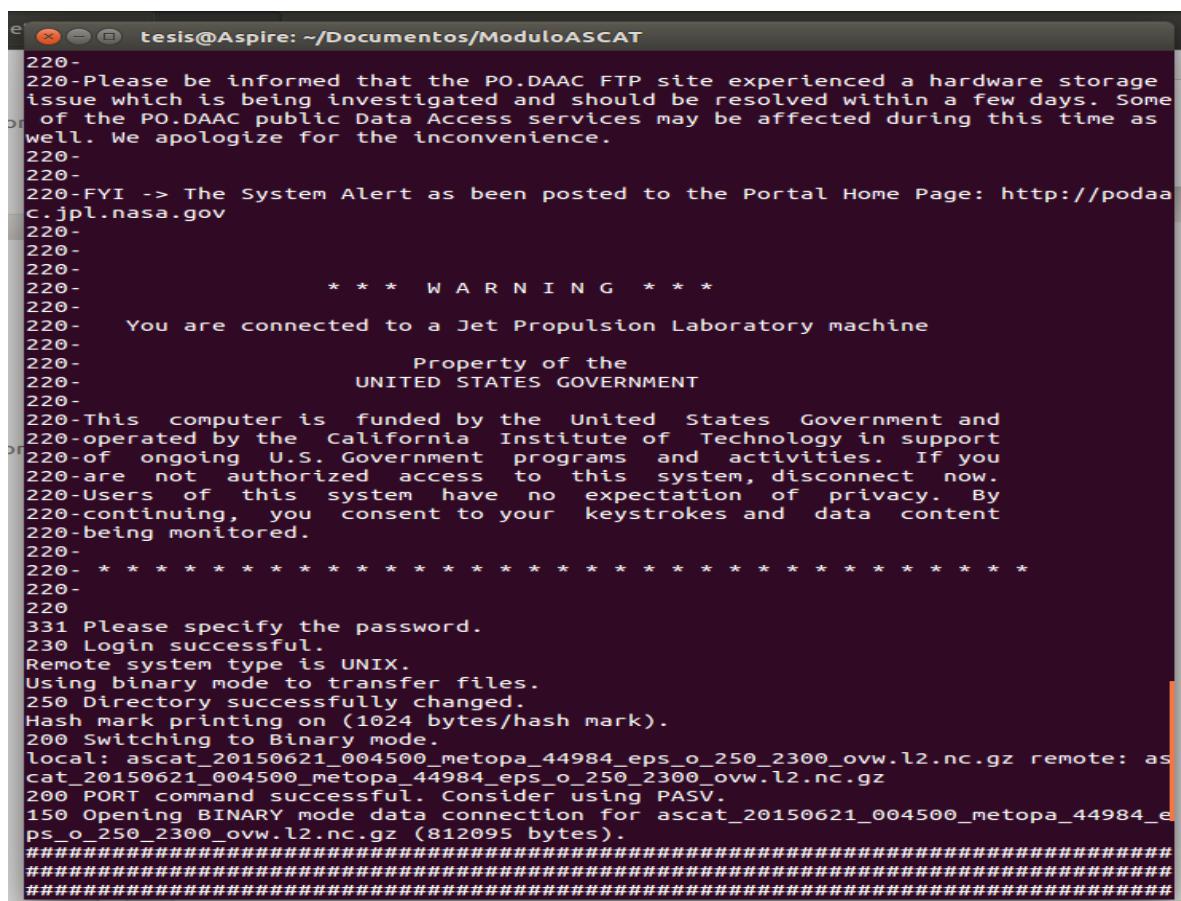
corresponde según la notación utilizada por PODAAC. Posteriormente se inicia la descarga de los datos (no sin antes advertirnos que estamos conectados la “Jet Propulsion Laboratory Server” el cual es propiedad de los Estados Unidos Fig. 4.33).

El conjunto de leyendas que se muestran mientras se realiza la descarga de los datos la podemos ver en la Fig. 4.32. Una vez que todos los datos han sido descargados, el sistema vuelve a presentar el menú principal, tal como lo vimos en la Fig. 4.31. Desde allí el usuario puede volver a descargar mas archivos o bien comenzar con el procesamiento.



```
Ingrese una de las opciones en verde: 1
Descargar un solo dia ==> 1 / Descargar multiples fechas ==> 2 :1
===== Ingresar Fecha se la cual se descargaran los archivos =====
Ingrese el año (yyyy): 2015
Ingres el mes (mm): 06
ingrese el dia (dd): 21
/2015/172
```

Fig. 4.32: Ingreso de parámetros para descargar archivos ASCAT desde la consola.



```
tesis@Aspire: ~/Documentos/ModuloASCAT
220-
220-Please be informed that the PO.DAAC FTP site experienced a hardware storage
issue which is being investigated and should be resolved within a few days. Some
of the PO.DAAC public Data Access services may be affected during this time as
well. We apologize for the inconvenience.
220-
220-
220-FYI -> The System Alert as been posted to the Portal Home Page: http://podaa
c.jpl.nasa.gov
220-
220-
220-
220- * * * W A R N I N G * * *
220-
220- You are connected to a Jet Propulsion Laboratory machine
220-
220-           Property of the
220-           UNITED STATES GOVERNMENT
220-
220-This computer is funded by the United States Government and
220-operated by the California Institute of Technology in support
220-of ongoing U.S. Government programs and activities. If you
220-are not authorized access to this system, disconnect now.
220-Users of this system have no expectation of privacy. By
220-continuing, you consent to your keystrokes and data content
220-being monitored.
220- * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
220-
220
331 Please specify the password.
230 Login successful.
Remote system type is UNIX.
Using binary mode to transfer files.
250 Directory successfully changed.
Hash mark printing on (1024 bytes/hash mark).
200 Switching to Binary mode.
local: ascat_20150621_004500_metopa_44984_eps_o_250_2300_ovw.l2.nc.gz remote: as
cat_20150621_004500_metopa_44984_eps_o_250_2300_ovw.l2.nc.gz
200 PORT command successful. Consider using PASV.
150 Opening BINARY mode data connection for ascat_20150621_004500_metopa_44984_e
ps_o_250_2300_ovw.l2.nc.gz (812095 bytes).
#####
#####
```

Fig. 4.33: Conexión a PODAAC y comienzo de la descarga de archivos desde la consola.

Si el usuario ingresa la opción 2 o la 3 surge entonces una ventana desde donde deberá indicar el archivo a procesar o bien el directorio correspondiente al día sobre el cual se desea filtrar un rango horario. Este proceso es exactamente igual al detallado sobre la Fig. 4.8.

Una vez seleccionado el archivo o bien el directorio del día, se continua con el ingreso de los parámetros de procesamiento.

De haber seleccionado procesar un rango horario el sistema comienza solicitando hora de inicio y fin:

```
[...]
Ingrrese hora desde la cual desea obtener datos. 0 a 23 : 15
Ingrrese hora hasta la cual desea obtener datos. 1 a 24 : 19
```

Fig. 4.34: ingreso de los límites horarios por consola.

Una vez ingresados estos valores, el ingreso de los parámetros que siguen son los mismos tanto para el proceso de un archivo como para el de un rango horario.

El sistema solicita que se ingrese la resolución que se desea obtener y si desea modificar el área de procesamiento por defecto los nuevos límites de geográficos, como podemos ver en la Fig. 4.35.

```
[...]
Ingrrese RADIO sobre el cual se consideran cercanas las observaciones (ej:0.30): 0.5
Area geografica de procesamiento por defalut: LAT: (-90 a 0) LON: (220 a 360)
Desea cambiar el area geografica a calcular? (1 => SI / 0 => NO): 1
Ingrrese latitud maxima (-90 a 90): 90
Ingrrese latitud minima (-90 a 90): -90
Ingrrese longitud maxima (0 a 360): 360
Ingrrese longitud minima (0 a 360): 0
```

Fig. 4.35 Ingreso de los parámetros generales de procesamiento por consola.

4.4.2 Selección de la técnica

Una vez que el sistema ha aceptado los parámetros necesarios para el procesamiento, presenta nuevamente el menú de opciones, pero deshabilitando las anteriores y poniendo a disposición las correspondientes a la técnica de procesamiento que se ejecutará. Se muestra en la Fig. 4.36. En este paso el usuario no tiene más que ingresar 4 si quiere aplicar Super Obbing o bien 5 si desea aplicar Thinning.

```

1 ===> Descargar archivos ASCAT via FTP.
2 ===> Seleccionar un archivo específico a procesar.
3 ===> Seleccionar rango horario de un día, para procesar.
4 ===> Aplicar SuperObbing.
5 ===> Aplicar Thining.
6 ===> Generar archivos de salida. (NetCDF, .txt, .dat y PrepBUFR).
7 ===> Ver opciones gráficas relacionadas.
8 ===> Salir.

Se ha seleccionado el archivo, indique el modo de procesamiento: 5

```

Fig. 4.36: Segundo menú de opciones en ejecución por consola interactiva.

Una vez indicada la técnica a utilizar comienza el proceso en si de los datos, esto puede conllevar un tiempo de demora variable dependiendo de la cantidad de datos a procesar y el tipo de tratamiento que se le da. Como se ha visto en la Tabla 3.

Una vez que se ha realizado el procesamiento se presenta un resumen sobre la ejecución con formato similar al expuesto en la Fig. 4.11.

4.4.3 Generación de gráficos y archivos de salida.

Habiendo llegado a la tercera y ultima parte del procesamiento, se presenta nuevamente el menú de opciones, pero en este caso se encuentran bloqueadas todas las opciones anteriores y solo se encuentran habilitadas la opción 6, “Generar archivos de salida”, y la opción 7, “Ver opciones gráficas relacionadas”.

De optar por la opción número 6, automáticamente se crea una carpeta dentro del directorio “/archivosProcesados” donde se exporta el resultado del proceso en cuatro archivos con formatos NetCDF, BUFR, binario y de texto (ASCII).

La opción número 7 nos conduce a una lista de posibles gráficos, la cual vemos en la figura 4.37.

```

Ingrese una de las opciones en verde: 7

1 ===> Recorrido del archivo original
2 ===> Componentes del viento en el archivo original
3 ===> Ubicacion de las observaciones en el area geografica seleccionada
4 ===> Componenetes del viento en el area geografica seleccionada
5 ===> Ubicaciones restantes luego de filtrar calidad
6 ===> Componentes del viento en las observaciones de calidad
7 ===> Ubicacion de las observaciones resultantes luego de aplicar SuperObbing / Thining
8 ===> Comparacion antes y despues de aplicar la tecnica seleccionada
9 ===> Componenetes del viento resultantes
0 ===> Volver al menu principal

Seleccione una de las opciones: 

```

Fig. 4.37: Lista de posibles gráficos a generar.

Las opciones graficas son las detalladas en la sección 4.3.

Al ingresar una de las opciones, el sistema genera el gráfico y lo muestra en una nueva ventana; luego de generarlo pregunta al usuario si desea generar otro o volver al menú anterior y así sucesivamente hasta que el usuario decida finalizar el procesamiento ingresando la opción número 8 del menú principal.

La opción de salida únicamente agradece por utilizar el sistema y cierra la aplicación.

Si durante cualquier etapa del procesamiento se ingresa algún parámetro no válido (opciones deshabilitadas, valores fuera de rango, letras donde se esperan números, mínimos mayores a los máximos o viceversa) el sistema volverá a solicitar el ingreso hasta bien los parámetros cumplan las condiciones.

4.5 Uso del sistema mediante un solo comando

La tercera y última forma de uso disponible en esta versión de Modulo ASCAT es la que permite el procesamiento de un archivo ASCAT mediante solo una instrucción, desde la terminal de comandos.

Para esta funcionalidad, solicitada expresamente por el cliente (SMN) para su uso embebido en el sistema de asimilación, se desarrolló el programa 'procesarASCAT.py'. Este es capaz de recibir argumentos o parámetros por la consola al momento de ser ejecutado y automáticamente realizar un procesamiento completo de un archivo ASCAT. Contempla la aplicación de una de las técnicas vistas según una resolución variable indicada por el usuario, el filtrado de datos por área geográfica, la generación de los gráficos principales y la exportación de los resultados en formatos NetCDF, BUFR, txt y dat.

Para ejecutar la instrucción de procesamiento de archivos ASCAT, **desde la consola de comandos y sin importar el directorio de trabajo donde se encuentre**, el usuario debe ingresar “**procesarASCAT**” seguido de los parámetros correspondientes para configurar el procesamiento. Estos tienen un orden predefinido, algunos son opcionales y otros obligatorios.

```
>>> ejemplo@linux: procesarASCAT arg1 arg2 arg3 arg4 arg5 arg6 arg7
```

Los argumentos 1, 2 y 3 son obligatorios y siempre deben formar parte de la instrucción.

- **Arg. 1:** En primer lugar se debe indicar la ruta (path) del archivo a procesar. Este

será, por ejemplo, de la forma: *DiasAscat/archivosASCAT2016-11-17/ascat_20161117_214500_metopa_52313_eps_o_250_2401_ovw.l2.nc*

- **Arg. 2:** El segundo parámetro indica la técnica que utilizará en el procesamiento. Esta debe ser SO si se desea aplicar SuperObbing y T si se desea aplicar Thinning a las observaciones.
- **Arg. 3:** En tercer lugar se debe indicar la resolución que se pretende obtener con el procesamiento. Para esto se ingresa el valor en grados de la amplitud del área sobre la cual se consideran cercanas las observaciones. Es el radio de cercanía geográfica también llamado "Step". La cercanía temporal no es posible modificarla mediante esta modalidad y siempre es por defecto 60 segundos.

Ejemplo de instrucción para procesar archivo ASCAT con, solamente, los parámetros obligatorios:

```
>>> ejemplo@linux:     procesarASCAT      DiasAscat/archivosASCAT2017-01-21/ascat_20170121_224200_metopa_53237_eps_o_250_2401_ovw.l2.nc SO 0.9
```

Respecto al área geográfica de procesamiento, esta es por defecto la limitada por las siguientes coordenadas: Latitud mínima: -90°. Latitud máxima: 0°. Longitud mínima: 220°. Longitud máxima: 360° (Corresponde a Argentina y sus alrededores). Sin embargo, es posible modificar los límites del área a procesar valiéndose de los argumentos 4, 5, 6 y 7. Estos, como se ha dicho, son opcionales; pero en caso de estar presentes, se deben encontrar los cuatro y con valores consistentes. De no ser así el sistema no permitirá el procesamiento.

- **Arg. 4:** Latitud mínima. Valores posibles: de -90° a 90°. Siempre debe ser menor al argumento número 5.
- **Arg. 5:** Latitud máxima. Valores posibles: de -90° a 90°. Siempre debe ser mayor al argumento número 4.
- **Arg. 6:** Longitud mínima. Valores posibles: de 0° a 360°. Siempre debe ser menor al

argumento número 7.

- **Arg. 7:** Longitud máxima. Valores posibles: de 0° a 360°. Siempre debe ser mayor al argumento número 6.

Vale aclarar que ante el ingreso erróneo de cualquier parámetro, o la no inclusión de estos, el sistema lo informa debidamente y solicita la re-ejecución de la instrucción luego de corregir los argumentos.

Cuando se termina de procesar el archivo el sistema imprime por pantalla un resumen con información sobre la ejecución y los resultados obtenidos.

Adicionalmente se generan de forma automática dos gráficas que permiten visualizar mas fácilmente los resultados obtenidos.

- Comparación de la ubicación de las observaciones antes y después de ser procesadas. Ver Figs. 4.25, 4.28 y 4.27.
- Intensidad y dirección del viento en las observaciones procesadas. Resultado del proceso. Ver Figs. 4.28, 4.29 y 4.30.

Habiendo generado los archivos de salida, el sistema informa y agradece la utilización de este producto mediante las leyendas:

>>> Proceso finalizado satisfactoriamente. Puede encontrar el resultado en la carpeta /ArchivosProcesados.

>>> Gracias por utilizar Modulo ASCAT.

En este contexto vale aclarar que también es posible realizar la descarga de archivos ASCAT publicados por PO.DAAC de forma separada, mediante el script descarga-podaac.sh.

Para esto debe ubicarse sobre la carpeta /ModuloAscat y ejecutar el script acompañado de los parámetros que indican la fecha a descargar.

>>> sh descargar-podaac.sh yyyy mm dd

A continuación, las Figs. 4.38 y 4.39 ilustran completamente el proceso de un archivo

ASCAT utilizando el modo de uso explicado en esta sección. En la primera se resalta la instrucción que se envía desde la consola para el proceso de un archivo y las leyendas resultantes. En la segunda se muestran los gráficos generados automáticamente por esta instrucción y que permiten corroborar el correcto procesamiento del mencionado archivo.

```
tesis@Aspire: ~
tesis@Aspire:~$ procesarASCAT DiasAscat/archivosASCAT2009-01-1/ascat_20090101_2
5402_metopa_11441.eps o 250_1015_ovw.l2.nc S0 0.5 -50 -25 290 320
Atencion! Se han descartado 65764 mediciones, por no estar en el area de interes,
o no poseer la calidad suficiente. <br>
Observaciones procesadas: 2654 <br>
===== SE HA APLICADO SUPER OBBING A LAS OBSERVACIONES ===== <br>
Cantidad de Observaciones restantes despues de aplicar Super Obbing: 476 <br>
El tiempo de ejecucion fue: 0.638810873032 segundos <br>
Proceso finalizado satisfactoriamente. Puede encontrar el resultado en la carpeta
ArchivosProcesados
Generando Graficos...
```

Fig. 4.38: Procesar un archivo ASCAT mediante ejecución de una instrucción por linea de comandos.

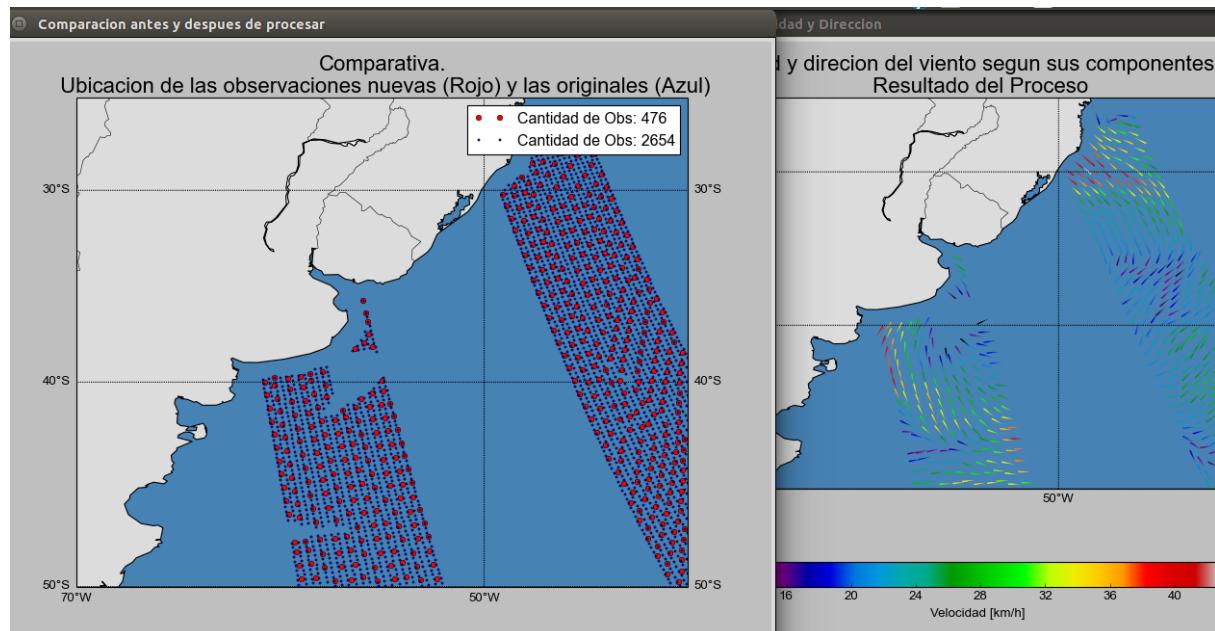


Fig. 4.39: Imagenes resultantes al procesar archivo mediante una única instrucción.

Capítulo 5: Conclusiones y trabajos futuros

5.1 Conclusiones:

En este proyecto final de carrera se ha diseñado e implementado un módulo para visualizar y manipular los datos meteorológicos obtenidos por el instrumento ASCAT a bordo del satélite MetOp. Este desarrollo es un aporte que brinda flexibilidad a las instituciones que necesitan procesar estos datos, particularmente el SMN. Este modulo busca optimizar y aumentar el valor de estos datos en el proceso de preparación del lote de datos que conforman la condición inicial, punto de partida para realizar la asimilación de datos y así lograr pronósticos meteorológicos de calidad.

El resultado obtenido de este trabajo es una nueva herramienta, que como hemos visto, permite aplicar técnicas de procesamiento que efectivamente aumentan el valor de los datos. Esta herramienta es posible de utilizar inclusive por aquellos usuarios que carecen de conocimiento informático, que fue uno de los requerimientos solicitados por el SMN. Asimismo, se ha logrado un sistema que de forma totalmente intuitiva permite obtener e interpretar archivos meteorológicos, adaptando el procesamiento de los mismos según rangos horarios en los que se tomaron las mediciones o limitándose a espacios geográficos variables.

Las múltiples opciones gráficas contempladas en el sistema le dan un valor extra, ya que posibilitan al usuario la generación de distintas imágenes que le permiten observar la información procesada de forma rápida y simple aún antes de haber exportado los resultados en los archivos de salidas con sus particulares formatos. Mediante esta funcionalidad es posible visualizar en una sola imagen la región geográfica que se está cubriendo, los valores máximos y mínimos de intensidad el viento y su distribución, los cambios de dirección y la eficiencia de la técnica aplicada ya sea thinning o superObbing.

El software implementado se desarrolló teniendo en cuenta el futuro desarrollo e inclusión de nuevos módulos, por este motivo se hizo hincapié en la documentación tanto externa como interna de los programas, de modo que resulte más simple su comprensión, mantenimiento y optimización, ya que según lo planificado habrán investigadores y personal del SMN que utilizarán y seguirán desarrollando la aplicación. Buscamos a su vez que los códigos incluidos en este sistema puedan ser reutilizados en otras aplicaciones o proyectos.

A la fecha de presentación de este informe aun no se ha realizado la transferencia del sistema al entorno de trabajo del usuario final (SMN), sin embargo se pretende coordinar una reunión para realizar la presentación y transferencia del producto desarrollado a la brevedad.

Desde el punto de vista personal, el desarrollo de este proyecto final de carrera me permitió adquirir nuevos conocimientos en el área de la informática. En tal sentido, aprendí a manipular un sistema operativo que no acostumbraba a usar, incorporé nuevas herramientas de trabajo y hasta un nuevo lenguaje de programación. A su vez me formé sobre el dominio propio de la problemática trabajada. Lograr esto fue, sin lugar a dudas, un gran desafío y un buen ejercicio ya que es fundamental para el perfil del licenciado en sistemas cultivar el auto-aprendizaje y saber adaptarse a los distintos entornos de trabajo. En este caso un entorno de investigación tecnológica.

Puedo afirmar que la dedicación y el tiempo invertido en la realización de este proyecto ha contribuido en gran medida a mi formación tanto profesional como personal.

5.2 Trabajos futuros

En la industria del software suele decirse que un proyecto nunca se encuentra completamente terminado y que no existe software libre de errores. En este caso 'Módulo ASCAT' no ha de ser la excepción.

Si bien se han cumplido los objetivos que hacían al alcance de este trabajo final, aun así hay muchos puntos donde es posible seguir avanzando, depurando, optimizando e incluyendo nuevas funcionalidades.

A modo de lineamiento de trabajos futuros podemos distinguir dos ramas.

Por un lado y desde una visión más general, recalcar que este módulo fue concebido como un aporte al proyecto PIDDEF 1614. En este contexto, se deben continuar desarrollando otros módulos de modo tal que se contemple en cada uno de ellos la preparación de datos de distintos instrumentos de medición, como también de distintas variables atmosféricas (temperatura, humedad, precipitación, etc).

En tal sentido, se debería trabajar en post de lograr incorporar cada uno de los resultados que obtengan los distintos módulos a los archivos de procesamiento generados por el sistema desarrollado en el presente trabajo. De ese modo se lograría reunir en un sólo

archivo toda la información necesaria con el formato correcto para ser asimilado a fin de generar los pronósticos meteorológicos.

Por otro lado, en lo que respeta a la funcionalidad propia del sistema desarrollado, se distinguen algunos aspectos que consideramos que deben tenerse en cuenta como posibles mejoras o perfeccionamientos.

- El procesamiento en paralelo de las observaciones representaría una optimización en los tiempos de ejecución, esto permitiría obtener los resultados de forma más veloz y contar con la información para inicializar los pronósticos con mayor anticipación. Adicionalmente, esta ampliación haría factible procesar lotes de datos de mayor tamaño. Si bien no forma parte de los requerimientos iniciales, la posibilidad de procesar en una misma ejecución los archivos ASCAT de muchos días otorgaría un valor adicional al programa.
- Procesamiento recursivo de los archivos. Al procesar la información ASCAT, uno de los posibles archivos resultantes mantiene el mismo formato (NetCDF) y estructura similar a los originales. Ya que estos archivos cuentan únicamente con información relevante, sería bueno adaptar los algoritmos a fin de que también estos archivos puedan ser procesados. Esto sería óptimo, por ejemplo, en caso de querer disminuir levemente la resolución a un archivo que ya se procesó, porque no haría falta volver a procesar todo el conjunto de observaciones originales.
- A la fecha no se dispone de librerías Python que nos permitan realizar la escritura de los resultados obtenidos en formato BUFR. Por este motivo en el trabajo debimos recurrir al uso mixto de Python y Fortran para cumplimentar este objetivo. Tenemos conocimiento de que actualmente la comunidad de Python está trabajando en el desarrollo de estas librerías. Por este motivo, de contar en un futuro con dichas librerías sería mas que conveniente incluirlas en el sistema a fin de lograr homogeneidad de lenguaje.
- Dado que el sistema cuenta con múltiples opciones gráficas para representar archivos ASCAT y su procesamiento, a modo de trabajo futuro se plantea extender esta funcionalidad a fin de posibilitar la generación de gráficos de archivos de manera independiente al tratamiento de los datos. Esto permitiría al usuario visualizar fácilmente la información contenida en los archivos ASCAT originales antes de ordenar su procesamiento.

Referencias bibliográficas

- [1] Misión y funciones del Servicio Meteorológico Nacional [online]. Disponible: www.minef.gov.ar/meteorologico.php
- [2] E. Kalnay, Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press, 2003
- [3] BUFR/PrepBUFR User's Guide - Developmental Testbed Center, Disponible: www.dtcenter.org/com-GSI/BUFR Diciembre, 2011.
- [4] The Global Telecommunication System (GTS) [online]. Disponible: https://www.wmo.int/pages/prog/www/TEM/index_en.html
- [5] D Keyser. (Enero 2013). PREPBUFR PROCESSING AT NCEP, NOAA/NWS/NCEP/EMC [Online]. Disponible: http://www.emc.ncep.noaa.gov/mmb/data_processing/prepbufr.doc/document.htm
- [6] M. E. Dillon, "Application of the WRF-LETKF Data Assimilation System over Southern South America: Sensitivity to model physics", presentado en 6th WMO Data Assimilation Symposium, Buenos Aires, Argentina 2016.
- [7] "Resolucion 1230/2014 – Ministerio de Planificación Federal". [Online]. Disponible: www.sinarame.gob.ar. Octubre de 2014.
- [8] G. De Chiara, S. Absalla. "Active techniques for wind and wave observations". ECMWF Seminar 2014.
- [9] J. Figa-Saldaña, J.J.W. Wilson, E. Attema, R. Gelsthorpe, M.R. Drinkwater, and A. Stoffelen. "The advanced scatterometer (ASCAT) on the meteorological operational (MetOp) platform: A follow on for European wind scatterometers". Article in Canadian Journal of Remote Sensing . June 2002. Disponible: [www.researchgate.net/profile/Ad_Stoffelen/publication/252039100_The_advanced_scatterometer_\(ASCAT\)_on_the_meteorological_operational_\(MetOp\)_platform_A_follow_on_for_European_wind_scatterometers/links/004635294dcf82d3de000000.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Ad_Stoffelen/publication/252039100_The_advanced_scatterometer_(ASCAT)_on_the_meteorological_operational_(MetOp)_platform_A_follow_on_for_European_wind_scatterometers/links/004635294dcf82d3de000000.pdf)
- [10] P. Pauley. "Superobbing vs. Thinning, Atmospheric Motion Vectors: An evaluation of Methods used at FNMOC and ECMWF." Ninth Annual Symposium on Future Operational Environmental Satellite Systems, 2013.
- [11] D. J. Shea. "An Introduction to Atmospheric and Oceanographic Datasets ". NCAR TECHNICAL NOTE. Octubre 1995, Colorado EEUU. Disponible online en: <http://www.cgd.ucar.edu/cas/tn404/>
- [12] "Programa de satélites meteorológicos operativos". Artículo de "European Space Agency". Online: www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMAE07SXIG_0.html

- [13] "Instrumentos de MetOp-B suministrados por Airbus Defence and Space" [Online]. Año 2012. Disponible: www.space-airbusds.com/es/noticias-articulos/instrumentos-de-metop-b-suministrados-por-airbus-defence-and-space.html. Septiembre 2012.
- [14] COMET Program. "An Introduction to EUMETSAT Polar System". Disponible online en: http://www.eumetsat.int/eps_webcast/eps/print.htm
- [15] F. T. Ulaby, D. G. Long, "Microwave Radar and Radiometric Remote Sensing". 1982
- [16] EUMETSAT Advanced Retransmission Service, "ASCAT Wind Product User Manual". Versión 1.14, Marzo de 2016.
- [17] P. H. Echeverria, "Asimilación de datos en un modelo de olas con análisis enriquecido del viento", Tesis Lic. en Cs. Computación. Buenos Aires, Mayo de 2014.
- [18] K. A. Mosquera Vásquez, "El formato NetCDF" [online]. Disponible: www.met.igp.gob.pe/users/kobi/ETCDF. Año 2006.
- [19] M. Dragosavac, "Meeting of expert team on data representation and codes. WMO commission for basic system". Muscat, Oman. Diciembre de 2005
- [20] S. Alonso Perez, "Dirección y velocidad del viento con componentes meridional y zonal". Blog personal de la Dra. en física sobre investigación y divulgación. Disponible online en: <http://www.silviaalonsperez.com/>
- [21] N. Bormann, "The Spatial structure of observation errors in Atmospheric Motion Vector from geostationary satellite data". EUMETSAT/ECMWF Fellowship Programme. UK 2002
- [22] H. Berger, "Satellite Wind Superobbing". University of Wisconsin – CIMSS. UK, 2004.
- [23] R. Daley, "Atmospheric Data Analysis". Cambridge University Press, pp 137ss
- [24] S. Liu, M. Xue. "Implementation and evaluation of wsr-88d radial velocity data assimilation for WRF-NMM via GSI". University of Oklahoma, Agosto de 2006.
- [25] I. Jacobson, G. Booch y J. Rumbaugh. The Unified Software Development Process. Rational Software Corporation. Addison-Wesley, 1999.
- [26] M. A. Alvarez, "Que es Python?", Artículo disponible online en: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/1325.php> año 2003.
- [27] Sitio oficial de sistema "NINJA IDE", <http://ninja-ide.org/>
- [28] Free Software Foundation, "El sistema operativo GNU". Artículo disponible online en: <https://www.gnu.org/licenses/licenses.es.html>
- [29] Open Source Initiative. "Licenses & Standards". Información disponible online en: <https://opensource.org/licenses>
- [30] G. Lehey, "Que es BSD?". Artículo disponible online: <https://www.freebsd.org/doc/es/articles/explaining-bsd/article.html> Año 2013
- [31] Python Software Foundation. Sitio oficial: <https://www.python.org/psf/>

Diccionario de acrónimos

- SMN: Servicio Meteorológico Nacional Argentino.
- NCEP: National Center for Environmental Prediction. (Centro Nacional de Predicciones Climáticas).
 - BUFR: Binary Universal Form for the Representation of meteorological data. (Forma Binaria Universal de Representación de Datos Meteorológicos).
 - NetCDF: Network Common Data Format. (Formato de Datos Comunes en Red).
 - GTS: Global Telecommunication System. (Sistema Global de Telecomunicaciones).
 - WMO: World Meteorological Organization. (Organización Meteorológica Mundial).
 - ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.
 - EUMETSAT: European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (Organización Europea para la Explotación de Satélites).
 - ASCAT: Advanced SCATterometer.
 - MetOp: METeorological Operational Satellite. (Satélite Meteorológico Operacional)
 - ASCII: American Standard Code for Information Interchange. (Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información).
 - UP: Proceso Unificado.
 - PIDDEF: Proyecto de Investigación y Desarrollo del Ministerio de Defensa.
 - SINARAME: Sistema Nacional de Radares Meteorológicos.
 - CECONEA: Centro de Cómputos del NEA.

Anexo 1 : Guía de instalación del sistema.

A continuación se adjunta el contenido del documento incluido dentro de la carpeta “ModuloASCAT”. En este se detallan los requerimientos necesarios y los pasos que se han seguido para lograr una correcta instalación de las librerías utilizadas por el sistema.

“Guía de Instalación”

El sistema fue desarrollado y testeado sobre un sistema operativo Ubuntu 14.04.

Se detalla la preparación del entorno necesaria para la correcta ejecución de “Modulo ASCAT” sobre este sistema operativo.

Elementos e instrucciones que se deben tener en cuenta para la correcta instalación del sistema:

- Se debe generar una **variable de entorno permanente** con el PATH de la carpeta “ModuloASCAT”, la cual deberá llamarse “ModuloAscat”. Agregue a su archivo de configuración la siguiente sentencia, utilizando los nombres correspondientes según computadora: **ModuloAscat=/home/usuario/.../ModuloASCAT**
- Generar un enlace simbólico de ejecución.
 - Usando la consola de comandos, **ubíquese en /usr/bin** y ejecute los siguientes comandos:
 - **sudo ln -s \$ModuloAscat/moduloAscat.sh moduloAscat**
 - **sudo ln -s \$ModuloAscat/AscatConsola.sh ASCATConsola**
 - **sudo ln -s \$ModuloAscat/procesarASCAT.sh procesarASCAT**
- En todo momento se deben respetar los nombres originales de los archivos y carpetas.
- Los archivos moduloAscat.sh, procesarASCAT.sh y AscatConsola.sh, ubicados dentro del directorio ModuloASCAT, y todos los archivos ubicados dentro de la carpeta cgi-bin deben tener permiso de ejecución. Para dar los permisos seguir las siguientes instrucciones:
 - Desde la consola de comandos, **ubíquese en la dentro de la carpeta /ModuloASCAT**
 - Ingrese **sudo chmod +x moduloAscat.sh & AscatConsola.sh &**

procesarASCAT para dar permiso de ejecución a los archivos. A continuación ingrese su contraseña cuando el sistema se lo solicite.

- Ingrese **sudo chmod -R +x cgi-bin** para dar permisos de ejecución a todos los archivos contenidos en /cgi-bin.

Requerimientos necesarios:

- Python 2.7
- Compilador gfortran.
- Compilador gcc.
- Modulo CGIHTTPServer, incluido por default en Python2.7.

Librerías específicas de Python que son necesarias:

- NetCDF4-python : Para la lectura y escritura de los archivos ASCAT.
- Matplotlib y Basemap: Para la generación de los gráficos con la información sobre ubicación de las observaciones o bien la velocidad y dirección del viento según sus componentes, acorde a su ubicación en el mapa.
- Time, DateTime: Para medir tiempos de ejecución de procedimental.
- Tkinter, tkFileDialog: Para la interacción con el usuario en la selección de los archivos o directorios solicitados para procesar.
- Sys y Os: permite el paso de comandos específicos del sistema operativo a través del código Python de la aplicación. a la lectura y escritura de los archivos ASCAT.
- Numpy: soporte para vectores y matrices, funciones matemáticas de alto nivel para operar con ellos.

Librerías específicas de Fortran que son necesarias:

- BUFERLIB: Para la escritura final de los archivos de salida en formato BUFR.

Las librerías Time, TimeDelta, Sys y Os se encuentran incluidas por defecto en Python 2.7, para instalar las demás librerías ingrese uno a uno los comandos que se presentan a continuación (No se incluyen los correspondientes a netcdf4 ni bufrlib, ya que estos son casos particulares que se ven mas adelante):

- sudo apt-get install python-pip

- sudo apt-get install gfortran
- sudo apt-get install gcc
- sudo apt-get install python-matplotlib
- sudo apt-get isntall python-mpltoolkits.base (Basemap)
- sudo apt-get isntall python-tk (Tkinter, tkFileDialog)
- sudo pip install numpy
- sudo apt-get install python-pandas

A1.1 Instalación Netcdf4:

La instalación de Ntcdcf puede presentar complicaciones. En base a la experiencia adquirida se han redactado dos intructivos factibles para realizar la instalación.

Opción 1: Instalación de NetCDF4 utilizando pip.

Tenga en cuenta que Netcdf a su vez mantiene algunas dependencias, para instalar instalar la librería se deben instalar anteriormente otros paquetes. Siga los siguientes pasos:

- sudo apt-get install Cython
- sudo apt-get install libhdf5-serial-dev
- sudo apt-get install netcdf-bin
- sudo apt-get install libnetcdf-dev
- sudo pip install h5py
- sudo pip install netcdf4

Opcion 2: Descarga e instalación manual.

- Descargar la libreria netCDF4 desde: <ftp://ftp.unidata.ucar.edu/pub/netcdf/>
- Descomprimir, ubicarse dentro del directorio y ejecutar:
 - LDFLAGS=-L/usr/local/lib
 - CPPFLAGS=-I/usr/local/include
 - sudo apt-get install m4
 - ./configure --enable-netcdf-4 --enable-dap --enable-shared –prefix=/usr/local
 - sudo make install

- Con la librería ubicada en /usr/local asegúrese de que el linker sea capaz de encontrar la librería ejecutando: sudo ldconfig
- Finalice la instalación con python setup.py install

Opcion 3: Diríjase a la documentación oficial de instalación en:
<http://unidata.github.io/netcdf4-python/>

A1.2 Instalación BUFRLIB:

La versión de la librería debe ser la v10-2-3, debe crearse una carpeta llamada BUFRLIB_v10-2-3 dentro del directorio ModuloAscat.

A continuación se detallan los pasos que se han seguido para lograr una correcta instalación de BUFRLIB, puede encontrar mas opciones en:
http://www.dtcenter.org/met/users/support/online_tutorial/METv2.0/compilation/req_libs.php
(El archivo README de la librería contiene una guía de compilación).

- Descarga de la librería desde: <http://www.dtcenter.org/met/users/downloads/> (ya se incluye la libreria comprimida dentro de la carpeta ModuloAscat.)
- mkdir BUFRLIB_v10-2-3
- mv BUFRLIB_v10-2-3.tar BUFRLIB_v10-2-3
- cd BUFRLIB_v10-2-3
- tar -xvf BUFRLIB_v10-2-3.tar
- export FC=/usr/bin/gfortran
- export CC=/usr/bin/gcc
- gcc -c -DUNDERSCORE *.c
- gfortran -c -DUNDERSCORE -fno-second-underscore *.f *.F
- ar crv libbufr.a *.o