

AUTOMATIZACION DE UN MODELO NUMERICO DE PREDICCIÓN METEOROLOGICA

WEATHER RESEARCH AND FORECAST MODEL - *WRF*

1. Introducción

El estado de la atmósfera es, desde siempre, un factor condicionante de la actividad humana. Así, la predicción meteorológica es una herramienta de primera necesidad para la sociedad actual.

Los modelos parten de datos obtenidos en radiosondeos, satélites meteorológicos, y observaciones meteorológicas en tierra. Las observaciones que están distribuidas de forma irregular se procesan por asimilación de datos y métodos de análisis objetivos que realizan un control de calidad y obtienen valores utilizables por los algoritmos matemáticos de los modelos numéricos (generalmente dispuestos en una cuadrícula uniformemente espaciada). A continuación estos datos se usan en el modelo como punto de partida para la previsión. El conjunto de ecuaciones empleado se conoce como "ecuaciones primitivas

Los cálculos realizados con estas ecuaciones comienzan utilizando los datos meteorológicos disponibles y determinan los ritmos de cambio de las distintas variables atmosféricas. Los ritmos de cambio permiten predecir el estado de la atmósfera dentro de un breve lapso de tiempo en el futuro. A continuación se aplican las ecuaciones a este nuevo estado de la atmósfera para calcular nuevos ritmos de cambio, y estos nuevos ritmos de cambio predicen el estado de la atmósfera a un tiempo más distante aún en el futuro. Este procedimiento de avance mediante pequeños incrementos en el tiempo se repite en forma continua hasta que la solución alcance el momento para el cual se desea obtener la predicción. El lapso

de tiempo de cada incremento temporal depende de la distancia a que se encuentren dos puntos en la cuadrícula o grilla de cálculo.

Dentro de la comunidad científica internacional es conocida la amplia utilización del modelo de mesoescala MM5 (*Mesoscale meteorological model 5 generation*), el cual ha sido validado en un gran número de trabajos. En la actualidad existe una versión avanzada de dicho modelo conocido como *WRF (Weather Research and Forecasting Model)*.

WRF es un modelo de mesoescala de última generación, diseñado para servir como herramienta de investigación atmosférica además de proporcionar pronósticos en régimen operacional.

El objetivo fundamental de este trabajo es automatizar el funcionamiento de un modelo numérico de predicción meteorológica (*WRF*), con el fin de obtener predicciones diarias en tres dominios; Europa, España y Andalucía, con una resolución espacial de este último dominio del orden de 3-4 km. Además, se comprobará la robustez del sistema funcionando en autónomo y de su validación automática.

Por otro lado, se pretende facilitar el acceso a los resultados al público en general mediante la publicación automática de las predicciones obtenidas en una página web. De este modo se consigue distribuir de manera rápida y eficiente datos de calidad y de interés tecnológico y social.

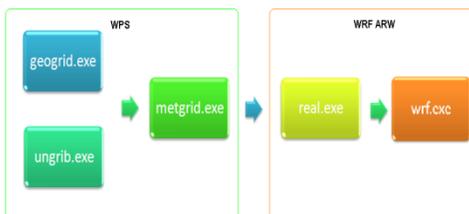
2. Materiales y métodos

2.1 Plataforma de cálculo

Es la combinación de Hardware y Software que se emplea en el funcionamiento del modelo. En este trabajo se utilizó un componente hardware basado en el microprocesador Intel Core i7, específicamente el INTEL CORE i7 860 2.80GHZ. Para el componente software se utilizó a *Ubuntu 10.04* como sistema operativo. *Ubuntu* es una distribución *Linux* basada en *Debian GNU/Linux*.

2.2 Modelo meteorológico WRF

WRF es un modelo euleriano, no hidrostático y compresible. Sus coordenadas verticales son las de la presión hidrostática de seguimiento de terreno y la rejilla de escalonamiento es *Arakawa C-grid*. El modelo utiliza una variedad de métodos numéricos de grado superior para la resolución de las ecuaciones diferenciales de las variables modeladas. Esto incluye las integraciones temporales de *Runge-Kutta* de segundo y tercer orden y segundo y sexto orden en esquemas de advección en las direcciones horizontales y verticales.



2.3 Datos de entrada y tipos de fichero

Los datos de entrada necesarios para la ejecución del *WRF* tanto en modo predicción, como en modo reanálisis, proceden del *Global Forecasting System (GFS)* que es un modelo global de predicción meteorológica numérica por ordenador a cargo de la *NOAA*.

2.4 Imágenes de satélite

Como información complementaria del servidor implementado por este trabajo, se ha contado con imágenes satélite del dominio en estudio procedentes de *EUMETCast*

2.5 Plataforma WEB

Siguiendo la filosofía de código abierto (*open source*) de este proyecto, se ha seleccionado como plataforma de soporte y administración del servicio web a *Apache-Joomla*

Apache es un servidor web *HTTP* de código abierto para plataformas *Unix (BSD, GNU/Linux, etc.)*, *Microsoft Windows*, *Macintosh* y otras, que implementa el protocolo *HTTP/1.1* y la noción de sitio virtual.

Joomla es un sistema de gestión de contenidos, y entre sus principales virtudes está la de permitir editar el contenido de un sitio web de manera sencilla. Es una aplicación de código abierto programada mayoritariamente en *PHP* bajo una licencia *GPL (General Public License)*.

2.6 Formato de Validación

Con objeto de verificar la fiabilidad de los resultados obtenidos mediante las simulaciones, se ha planteado una doble estrategia de validación del modelo.

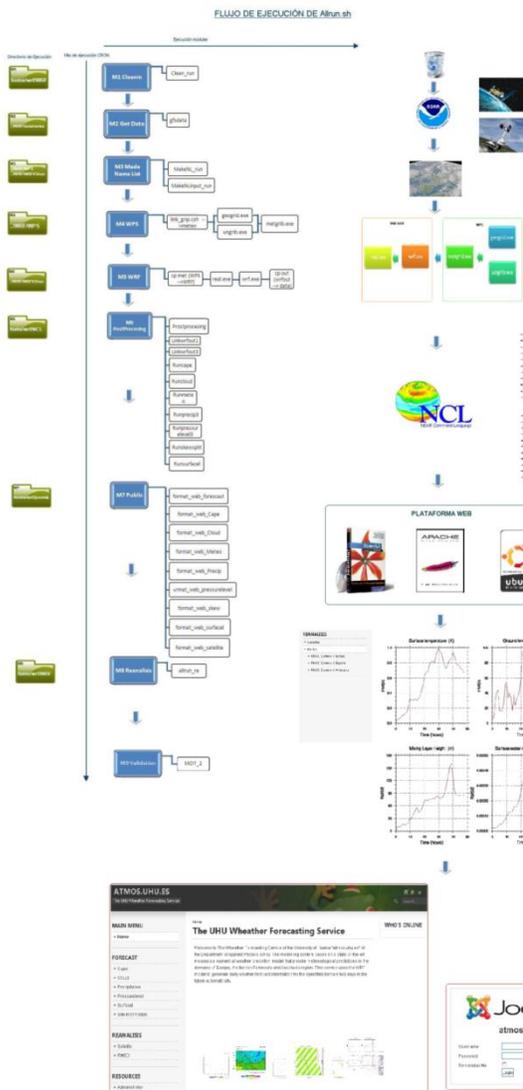
A partir de los datos de predicción y reanálisis obtenidos cada día por el servidor, se ha calculado la desviación cuadrática media (*RMSD*) en función del horizonte de predicción, para cada periodo de simulación. De esta manera se consigue un evaluador eficiente de la efectividad de la predicción en continuo.

Por otro lado, a partir de los datos de re-análisis obtenidos para un periodo concreto, se ha llevado a cabo una comparación con datos reales de presión, temperatura, velocidad y dirección del viento en superficie procedentes de la Estación de Sondeos Atmosféricos (ESAT), perteneciente al INTA.

3. Resultados

3.1 Automatización

La grafica 3.1 describe como se ha realizado la automatización del modelo.



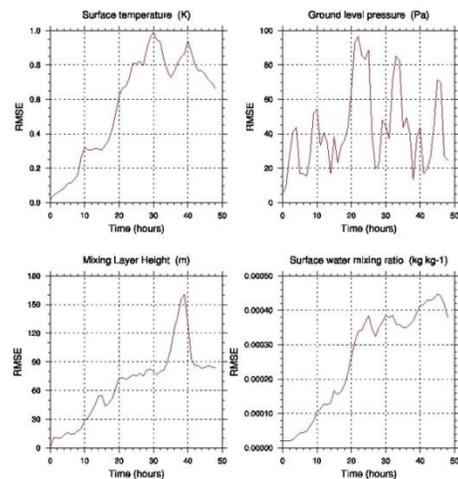
3.2 Pruebas globales de ejecución

Se han ejecutado más de 100 pruebas de funcionamiento del modelo durante casi 2

meses (agosto y septiembre del 2010), con un porcentaje de éxito por encima del 90%, esto significa que la ejecución del modelo en estas pruebas se concluyó satisfactoriamente en un 90% de las ocasiones. Estas pruebas han corrido en paralelo con la elaboración del proyecto y han ayudado a la verificación de errores, optimización del código de automatización y del flujo del proceso, a demás de la generación de la base de datos de re-análisis.

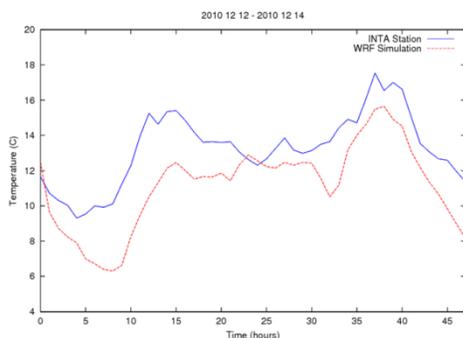
3.3 Validación

Se ha implementado una rutina automática de verificación que calcula la desviación cuadrática media (RMSD) entre los resultados de predicción (forecasting) y de re-análisis. Así, se obtiene la RMSD en función del horizonte de predicción de forma diaria, para cada uno de los tres dominios.



3.3.2. Caso de Estudio

En este apartado se presentan los resultados de un caso de estudio concreto para el cual se contó con datos reales de una estación meteorológica situada en la Estación de Sondeos Atmosféricos del Arenosillo, (INTA, Mazagón) y con los datos de re-análisis del mismo periodo generados por el servidor *atmos.uhu.es*



En general se puede vislumbrar que las tendencias de las curvas siguen un mismo patrón y tienen formas similares, especialmente en el aspecto cualitativo, lo que da credibilidad a los resultados obtenidos con el modelo.

3.4 Publicación web

Con los resultados obtenidos tanto de predicción como de re-análisis generados se ha construido un sitio web donde se hace pública la información de interés para la comunidad científica y el público en general.

El sitio Web se encuentra bajo el dominio de la Universidad de Huelva y su dirección pública es:

- <http://atmos.uhu.es>

El sitio web tiene la siguiente estructura:

MAIN MENU

FORECAST

- [Iberian Peninsula](#)
 - [T - P - Wind](#)
 - [Precipitation](#)
 - [Pressure level](#)
- [Region of Andalusia](#)
 - [T - P - Wind](#)
 - [Cape](#)
 - [Locations](#)

REANALYSIS

- [RMSD](#)

ABOUT US

4. Conclusiones

De la elaboración de este proyecto se puede sacar algunas importantes conclusiones como que:

- Los objetivos del presente trabajo se han cumplido al cien por ciento, ya que se ha logrado la automatización total del modelo *WRF*. Obteniendo predicciones diarias para los dominios requeridos con una resolución acorde a lo propuesto. Por otro lado se comprueba la robustez del funcionamiento del sistema de manera automática mediante el empleo de *RMS*, logrando por otra parte que toda esta información sea pública de manera automática mediante la plataforma web construida.
- En este trabajo se ha logrado balancear la demanda computacional generada por el modelo con la demanda económica implicada en la obtención de una plataforma de cálculo que cumpla con las características necesarias que requiere el modelo. Por otra parte al realizarse todas las tareas de forma autónoma se suple la demanda humana que genera este tipo de actividades.
- Además este proyecto logro balancear la demanda computacional que presenta la manipulación de grandes conjuntos de datos y la realización de cálculos avanzados con una resolución lo suficientemente detallada con el tiempo apropiado para que puedan

ser publicadas y presentadas en público.

- El esfuerzo de este trabajo de utilizar herramientas de distribución libre y/o *open source* como lo es *WRF*, *Ubuntu*, *Apache* y *Joomla* se une y continua con la línea y políticas que tiene la comunidad científica mundial, permitiendo hacer más universal el conocimiento.
- El presente trabajo ha logrado generar una fuente de información de utilidad para la comunidad de Andalucía, ya que brinda data meteorológica de la región de forma automática, diaria, fiable y actualizada.
- La modularidad y sistematicidad empleada en este trabajo permite actualizar, optimizar y acoplar su funcionamiento a otros entornos y dominios de una manera más rápida y sencilla, proporcionando una alta portabilidad del sistema.
- Una parte muy sobresaliente de este trabajo es su proceso de autovalidación, ya que permite verificar la efectividad y valides de su funcionamiento de una manera automática, diaria y continua. Lo que demuestra la transparencia del trabajo realizado y de la información publicada ante la comunidad científica y el público en general.
- Este trabajo deja la puerta abierta a futuras investigaciones que requieran de la información que se está generando de manera automática y continua. Contribuyendo a la difusión y conocimiento de la ciencia en este campo y en general.