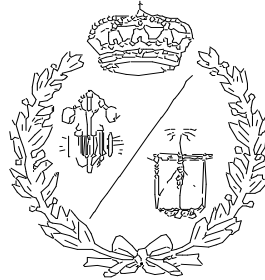


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**GESTION DINAMICA DE UNA LINEA AEREA
DE ALTA TENSION BASADA EN MODELOS
NUMERICOS Y ANALISIS MEDIANTE
HERRAMIENTAS GIS**

**(Dynamic management of a high voltage
aerial power line based on numerical models
and analysis by GIS tools)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Emilio Castanedo Sainz de la Maza

Director: Mario Mañana Canteli

Julio – 2017

Resumen

La potencia eólica instalada en España a finales de 2016 ascendía a casi 23.000 MW, lo que supone aproximadamente un 23% de la potencia instalada. En términos porcentuales, la generación basada en energías renovables se sitúa en el 42%. Este incremento de la capacidad de generación eólica no ha ido aparejado a un crecimiento equivalente de las infraestructuras de transporte y distribución de energía eléctrica. En algunos casos, la red no es capaz de absorber toda la potencia generada.

Para evitar los vertidos de energías renovables sin necesidad de construir nuevas infraestructuras y/o repotenciar las existentes es conveniente realizar una gestión dinámica de la capacidad de las líneas, que se operan habitualmente con un valor estático de capacidad. Una alternativa posible con un coste de despliegue inferior al 2% del coste de una línea nueva es utilizar técnicas de gestión dinámica de capacidad basada en las condiciones meteorológicas, siendo el viento el factor más determinante.

Primero se utilizara el software QGIS para analizar el terreno que comprende tanto a la línea como a sus alrededores. Un análisis de la irregularidad del terreno (WindNinja simula el efecto que produce el relieve sobre el flujo del viento) permitirá intuir la variabilidad del viento a lo largo de la línea.

A continuación se utiliza el software WindNinja (FireLab de EEUU) para simular diferentes velocidades y direcciones de viento en la localización de la línea.

Posteriormente se analizan las simulaciones generadas con QGIS y Python, que es un software que permite el análisis de datos georeferenciados. El análisis consistirá en asignar la velocidad y dirección del viento correspondiente a cada punto de la línea dentro de todas las resultantes en el mapa de vientos generado con WindNinja.

Por último, se generara un script en Python donde se introduzcan los valores conocidos de velocidad y dirección del viento de una estación meteorológica y se obtengan la velocidad y dirección del viento del resto de la línea.

El objetivo final es obtener la correlación espacial entre los datos observados en una o varias estaciones meteorológicas y su proyección a todos los puntos de la línea de estudio.

A la conclusión del proyecto podremos determinar (de un modo aproximado) la dirección y velocidad del viento a lo largo de toda la línea a partir de los datos reales obtenidos en las estaciones meteorológicas incorporadas a la línea. Esta tarea se llevara a cabo mediante la correlación existente entre los datos observados en las estaciones meteorológicas y los datos simulados a lo largo de toda la línea.

Esta información puede ser utilizada para maximizar la capacidad de la línea a través del cálculo de la refrigeración producida por convección.

Summary

The wind power installed in Spain at the end of 2016 amounted to almost 23,000 MW, which represents approximately 23% of installed capacity. In terms of percentage, the generation based on renewable energies stands at 42%. This increase in wind power generation capacity has not been accompanied by an equivalent growth in the transmission and distribution of electricity infrastructures. In some cases, the network is not able to absorb all the power generated.

In order to avoid the discharge of renewable energies without the need to build new infrastructures and / or to upgrade existing ones, it is possible to carry out the dynamic management of the ampacity of the lines, which are usually operated with a static capacity value. A possible alternative with a deployment cost of less than 2% of the cost of a new line is to use dynamic capacity management techniques based on weather conditions, with wind being the most determining factor. The rest of the weather conditions that affect the temperature of the conductors have a negligible effect when compared to the wind.

First, the QGIS software will be used to analyze the terrain that includes both the line and its surroundings. An analysis of the irregularity of the terrain (WindNinja simulates the effect of the relief on the wind flow) will allow us to intuit the intensity of the wind variation along the line.

Next, the WindNinja software (US FireLab) is used to simulate different speeds and wind directions at the line location. Then, the simulations generated with QGIS and Python, which is a software that allows the analysis of georeferenced data, are analyzed. The analysis will consist of assigning the wind speed and direction corresponding to each point of the line within the entire resulting winds wind map generated by WindNinja.

Finally, a script will be generated in Python where the known values of wind speed and direction of a meteorological station are introduced and the wind speed and direction of the rest of the line are obtained.

The final objective is to obtain the spatial correlation between the observed data in one or several meteorological stations and its projection to all the points of the line of study.

At the conclusion of the project we can determine (in an approximate way) the direction and speed of the wind along the whole line from the real data obtained in the meteorological stations incorporated to the line. This task will be carried out through the correlation between the data observed in the meteorological stations and the simulated data along the entire line.

This information can be used to maximize the capacity of the lines. From the data obtained, it is possible to calculate the convection cooling and then the ampacity of the lines with real meteorological conditions instead of with a static wind value.

ÍNDICE

1. GESTION DINAMICA.....	14
2. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	19
2.1. COMPONENTES DE UN SIG	20
2.2. FUNCIONES DE UN SIG.....	24
2.3. PRINCIPALES SOFTWARES GIS	27
3. QGIS	28
3.1. INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO	28
3.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES.....	30
3.3. FUNCIONES DE QGIS	33
4. WINDNINJA.....	35
4.1. MODOS DE USO DE WINDNINJA.....	36
4.2. CARACTERISTICAS OPCIONALES DE WINDNINJA.....	38
4.3. ARCHIVOS DE SALIDA.....	40
5. CARGA DE DATOS	45
5.1 CAPAS VECTORIALES	45
5.1.1. APOYOS	45
5. 2. CAPAS RASTER.....	48
5.2.1. MAPA DE SITUACION	48
5.2.1. RASTER TERRENO.....	49
6. ANALISIS DEL TERRENO	53
6.1. RELIEVE DE LA LINEA.....	53
6.1.1. DISTANCIA ENTRE APOYOS	53
6.1.2. CLASIFICACION DE LOS APOYOS SEGÚN SU ALTITUD.....	57
6.1.3. DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE APOYOS	59
6.1.4. PENDIENTE MEDIA ENTRE APOYOS	62
6.1.5. PERFIL TOPOGRAFICO DE LA LINEA	65
6.2. RELIEVE DE LOS ALREDEDORES DE LA LINEA.....	66

6.2.1. MAPA DE PENDIENTES	68
6.2.2. MAPA DE SOMBRAS	69
6.2.3. CURVAS DE NIVEL	70
6.3. ANALISIS COMPARATIVO	71
7. SIMULACION DE VIENTO	80
7.1. ARCHIVO DE ENTRADA DE ELEVACION	80
7.2. CONSERVACION DE LA MASA	81
7.2.1. SIMULACION BASICA	81
7.2.2. SIMULACION CON VIENTOS DIURNOS	85
7.3. CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS	86
7.3.1. SIMULACION BASICA	87
7.3.2. SIMULACION CON VIENTOS DIURNOS	87
8. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS SIMULACIONES	88
8.1. MAPA DE VIENTO EN GOOGLE EARTH	88
8.2. MAPA DE VIENTO EN QGIS	90
9. GENERACION MANUAL DE RESULTADOS	93
10. COMPARACION DE SIMULACIONES	95
10.1. CONSERVACION DE LA MASA	95
10.1.1. COMPARACION EN FUNCION DEL GROSOR DE LA MALLA	95
10.1.2. DIFERENCIAS CON VIENTOS DIURNOS	97
10.2. CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS	99
10.2.1. COMPARACION EN FUNCION DEL GROSOR DE LA MALLA	99
10.2.2. DIFERENCIAS CON VIENTOS DIURNOS	100
10.3. COMPARACION CONSERVACION MASA – MASA Y MOMENTOS	101
11. GENERACION AUTOMATICA DE RESULTADOS	103
11.1. RESULTADOS CON CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS	103
11.1.1. Generación de shapefiles para análisis	103
11.1.2. Obtención de resultados	106

11.2. RESULTADOS CON CONSERVACION DE MASA	112
12. DICCIONARIO DE VIENTO	115
12.1. CORRELACIONES	115
12.1.1. Correlaciones para la velocidad del viento.....	115
12.1.2. Correlaciones para la dirección del viento	118
12.2. DICCIONARIO	120
13. CONCLUSIONES.....	129
14. ANEXOS.....	131
14.1. ANEXO A: DATOS DE LOS APOYOS.....	131
14.2. ANEXO B: DISTANCIA ENTRE APOYOS, DIFERENCIA DE ALTITUD Y PENDIENTE MEDIA	132
14.3 ANEXO C: VELOCIDAD DEL VIENTO EN FUNCION DE LA MALLA PARA UNA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA.....	133
14.4. ANEXO D: VELOCIDAD DEL VIENTO PARA UNA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA CON VIENTOS DIURNOS.....	134
14.5. ANEXO E: VELOCIDAD DEL VIENTO EN FUNCION DE LA MALLA PARA UNA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS	135
14.6. ANEXO F: VELOCIDAD DEL VIENTO PARA UNA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS CON VIENTOS DIURNOS	136
14.7. ANEXO G: VELOCIDAD DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA – MASA Y MOMENTOS.....	137
14.8. ANEXO H: RESULTADOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS.....	138
14.9. ANEXO I: RESULTADOS DE DIRECCION DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS.....	139
14.10. ANEXO J: RESULTADOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA	140
14.11. ANEXO K: RESULTADOS DE DIRECCION DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA	141
14.12. ANEXO L: GRADO DE LINEALIDAD DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN UNA SIMULACIÓN DE MASA	142

14.13. ANEXO M: GRADO DE LINEALIDAD DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN UNA SIMULACIÓN DE MASA Y MOMENTOS	143
14.14. ANEXO N: GRADO DE LINEALIDAD DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN UNA SIMULACIÓN DE MASA	144
14.15. ANEXO Ñ: GRADO DE LINEALIDAD DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN UNA SIMULACIÓN DE MASA Y MOMENTOS	145
14.16. ANEXO O: CORRELACION DE LA VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO EN LA SIMULACION DE MASA	146
14.17. ANEXO P: CORRELACION DE LA VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO EN LA SIMULACION DE MASA Y MOMENTOS	147
14.18. ANEXO Q: RESULTADOS DEL EJEMPLO 1	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un sig	20
Figura 2. Modelo raster y modelo vectorial	22
Figura 3. Funciones de un sig	25
Figura 4. Interfaz grafica de qgis	28
Figura 5. Interfaz grafica de windninja	36
Figura 6. Mapa de viento en google earth	40
Figura 7. Mapa de viento en qgis	41
Figura 8. Opciones de simulación windninja_cli	43
Figura 9. Opciones de simulación windninja_cli	43
Figura 10. Opciones de simulación windninja_cli	44
Figura 11. Interfaz qgis con lienzo del mapa en blanco	45
Figura 13. Apoyos	47
Figura 14. Mapa de situación	49
Figura 15. Capa raster de altitud	50
Figura 16. Capa raster de altitud referido a la zona de apoyos	51
Figura 17. Cuadrícula de la capa raster	52
Figura 18. Distancia entre apoyos	55
Figura 19. Clasificación según la altitud de los apoyos	58
Figura 20. Diferencia de altitud entre apoyos.....	60
Figura 21. Pendiente media.....	63
Figura 22. Perfil topográfico	65
Figura 23. Capa raster recortada superpuesta a la original	66
Figura 24. Capa raster recortada	67
Figura 25. Capa raster de pendientes en la zona de apoyos.....	68
Figura 26. Mapa de sombras en la capa raster original	69
Figura 27. Mapa de sombras en la zona de apoyos	70
Figura 28. Curvas de nivel.....	71
Figura 29. Histograma de pendientes de zaragoza	72

Figura 30. Capa raster de ciudad real.....	74
Figura 31. Histograma de pendientes de ciudad real.....	75
Figura 32. Capa raster de ciudad real.....	76
Figura 33. Histograma de pendientes de granada	78
Figura 34. Histograma comparativo de las tres zonas	79
Figura 35. Descarga del archivo de elevación	80
Figura 36. Menú surface input	82
Figura 37. Menu domain average wind.....	83
Figura 38. Menú output.....	84
Figura 39. Simulación con vientos diurnos.....	86
Figura 40. Mapa de viento de la zona de apoyos en google earth	88
Figura 41. Mapa de viento ampliado de la zona de apoyos en google earth	89
Figura 42. Mapa de viento de la zona de apoyos sin modificar en qgis.....	90
Figura 43. Tabla de atributos.....	91
Figura 44. Mapa de viento de la zona de apoyos modificado en qgis	91
Figura 45. Mapa de viento de la zona de apoyos modificado y ampliado en qgis.....	92
Figura 46. Matriz de distancias.....	93
Figura 47. Documento de texto con las propiedades de la simulación	105
Figura 48. Resolución de las simulaciones a partir de los documentos de texto	106
Figura 49. Interfaz grafica de qgis durante la obtención de resultados.....	109
figura 50. Velocidad del viento para las simulaciones de masa y momentos.....	110
Figura 51. Dirección del viento para las simulaciones de masa y momentos.....	110
Figura 52. Tabla de excel con la velocidad del viento para las simulaciones de masa y momentos.....	111
Figura 53. Tabla de excel con la dirección del viento para las simulaciones de masa y momentos.....	111
Figura 54. Tabla de excel con la velocidad del viento para las simulaciones de masa	113
Figura 55. Tabla de excel con la dirección del viento para las simulaciones de masa.	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes para calcular la transferencia de calor por convección forzada..	17
Tabla 2. Coeficientes para calcular la transferencia de calor por convección natural...	18
Tabla 3. Datos de los apoyos	46
Tabla 4. Distancia entre apoyos	56
Tabla 5. Distancia entre apoyos, diferencia de altitud.....	61
Tabla 6. Distancia entre apoyos, diferencia de altitud, pendiente media	64
Tabla 7. Pendientes en zona de apoyos y alrededores	72
Tabla 8. Histograma de pendientes de zaragoza	73
Tabla 9. Histograma de pendientes de ciudad real.....	75
Tabla 10. Histograma de pendientes de granada.....	77
Tabla 11. Dirección del viento	83
Tabla 12. Dirección del viento qgis.....	92
Tabla 13. Matriz de distancia.....	94
Tabla 14. Velocidad del viento en función de la malla.....	96
Tabla 15. Velocidad del viento con vientos diurnos.....	98
Tabla 16. Velocidad del viento en funcion de la malla.....	99
Tabla 17. Velocidad del viento con vientos diurnos.....	101
Tabla 18. Comparación velocidad masa – masa y momentos	102
Tabla 19. Grado de linealidad de la velocidad del viento en una simulación de masa	115
Tabla 20. Grado de linealidad de la velocidad del viento en una simulación de masa y momentos.....	116
Tabla 21. Correlación en la velocidad del viento en una simulación de masa.....	117
Tabla 22. Correlación en la velocidad del viento en una simulación de masa y momentos.....	117
Tabla 23. Grado de linealidad de la dirección del viento en una simulación de masa	118
Tabla 24. Grado de linealidad de la dirección del viento en una simulación de masa y momentos.....	118
Tabla 25. Correlación en la dirección del viento en una simulación de masa	119

Tabla 26. Correlación en la dirección del viento en una simulación de masa y momentos..... 120

1. GESTION DINAMICA

Los métodos habitualmente empleados para determinar la capacidad máxima de transmisión de las líneas eléctricas aéreas (valores estáticos de capacidad) utilizan condiciones meteorológicas definidas (no consideran su variabilidad) y operan con un límite térmico del conductor demasiado conservador (tomando como referencia el caso más desfavorable).

Para optimizar la transmisión dentro de los límites térmicos del conductor se emplean técnicas de gestión dinámica donde las variables empleadas en el cálculo del límite térmico (condiciones ambientales y corriente transportada) son obtenidas mediante mediciones en tiempo real.

Balance Térmico

La temperatura de los conductores aéreos depende de los parámetros meteorológicos imperantes (velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente y radiación solar), de las características del conductor (térmicas, físicas y eléctricas) y de la corriente eléctrica que fluye a través de estos. Para determinar la temperatura del conductor es necesario realizar un balance térmico que involucre todos estos parámetros.

En régimen permanente (parámetros constantes a lo largo del tiempo) la ecuación de equilibrio térmico resulta:

$$\textit{Ganancia de calor} = \textit{Pérdida de calor}$$

$$P_J + P_S + P_M + P_i = P_c + P_r + P_w$$

Donde:

P_J : Ganancia de calor por efecto Joule

P_S : Ganancia de calor por radiación solar

P_M : Ganancia de calor por efecto magnético

P_i : Ganancia de calor por efecto corona

P_c : Perdida de calor por convección

P_r : Perdida de calor por radiación emitida por el conductor

P_w : Perdida de calor por evaporación en el conductor

Según la norma CIGRE TB601 a efectos de cálculo se pueden despreciar tanto el efecto corona como la pérdida de calor por evaporación. Por tanto la ecuación resulta:

$$P_J + P_S + P_M = P_c + P_r$$

Como tanto los parámetros meteorológicos como la corriente eléctrica de la línea varían con el tiempo (estado transitorio), hay que agregar otro término a la ecuación:

Calor almacenado en el conductor = Perdida de calor – Ganancia de calor

$$m \cdot C_p \cdot \frac{dT_c}{dt} = P_c + P_r - P_J - P_S - P_M$$

Donde:

m: Masa del conductor

C_p : Calor específico del material del conductor

T_c : Temperatura media del conductor

Convección forzada

La principal fuente de refrigeración de un conductor aéreo es la convección, tanto forzada como natural (cuando la velocidad del viento es cero).

A velocidades de viento moderadas la convección natural puede ser ignorada. En cambio es más influyente que la convección forzada cuando la velocidad de viento es

baja. Como ambas (convección forzada y natural) han de ser consideradas, se debe calcular el calor en ambos casos y quedarse con el más elevado.

Además de la velocidad del viento, para calcular la refrigeración por convección forzada es necesario conocer la dirección del viento. La dirección del viento condiciona de manera significativa los efectos de la convección forzada.

Un viento paralelo al conductor supone una pérdida de calor por convección un 60% más baja que un viento perpendicular a este.

La pérdida de calor por convección puede expresarse como:

$$P_c = \pi \cdot \lambda_f \cdot (T_s - T_a) \cdot Nu$$

Donde:

λ_f : Conductividad térmica del aire

T_s : Temperatura en la superficie del conductor

T_a : Temperatura del aire

Nu : Numero de Nusselt

Las diferencias producidas en la refrigeración de los conductores en función de la dirección del viento son debidas a la variación que experimenta el número de Nusselt debido al ángulo de ataque δ del viento respecto al eje del conductor.

$$\frac{Nu_\delta}{Nu_{90}} = (\sin^2(\delta) + 0.0169 \cdot \cos^2(\delta))^{0.225} ; \text{Para conductores lisos}$$

$$\frac{Nu_\delta}{Nu_{90}} = 0.42 + 0.68 \cdot (\sin(\delta))^{1.08} ; \text{Para conductores trenzados con } \delta \leq 24^\circ$$

$$\frac{Nu_\delta}{Nu_{90}} = 0.42 + 0.58 \cdot (\sin(\delta))^{0.9} ; \text{Para conductores trenzados con } \delta > 24^\circ$$

Donde:

δ : Angulo de ataque del viento respecto al eje del conductor

$$Nu_{90} = B \cdot Re^n$$

Re : Numero de Reynolds

Los valores de B y n se obtienen en la siguiente tabla:

Conductor liso			Conductor trenzado, $Rs \leq 0.05$			Conductor trenzado, $Rs > 0.05$		
Re	B	n	Re	B	n	Re	B	n
35 - 5000	0.583	0.471	100 - 2650	0.641	0.471	100 - 2650	0.641	0.471
5000 - 50000	0.148	0.633	2650 - 50000	0.178	0.633	2650 - 50000	0.048	0.8
50000 - 200000	0.0208	0.814						

Tabla 1. Coeficientes para calcular la transferencia de calor por convección forzada

$$R_s = \frac{d}{2(D - d)}$$

d: diámetro de los alambres en la capa más externa del conductor

D: diámetro externo del conductor

Convección natural

La convección incluso con velocidad de viento nula sigue siendo un factor determinante en la refrigeración de los conductores. En este caso la forma de calcular el número de Nusselt cambia:

$$Nu_{nat} = A \cdot (Gr \cdot Pr)^m$$

Donde:

Gr : Numero de Grashof

Pr : Numero de Prandtl

Los valores de los coeficientes A y m se obtienen en la siguiente tabla:

Rango de Gr.Pr		A	M
Desde	Hasta		
10^{-1}	10^2	1.02	0.148
10^2	10^4	0.85	0.188
10^4	10^7	0.48	0.25
10^7	10^{12}	0.125	0.333

Tabla 2. Coeficientes para calcular la transferencia de calor por convección natural

2. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) o Geographic Information System (GIS) puede ser definido como un sistema de hardware, software, datos recursos humanos y procedimientos diseñados para integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y visualizar datos georeferenciados con el propósito de gestionar información espacial.

El objetivo principal de un SIG es facilitar el procesamiento y visualización de la información geográfica para su posterior gestión.

Básicamente, el funcionamiento de un SIG pasa por las siguientes fases:

- Entrada de la información en el sistema
- Georreferenciar la información mediante coordenadas geográficas de latitud y longitud.
- Análisis e interpretación de los datos georreferenciados.
- Salida de la información cumpliendo las necesidades del usuario.

Un Sistema de Información Geográfica resuelve cuestiones como:

1. **Localización:** proporcionar las características de un lugar concreto.
2. **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
3. **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
4. **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
5. **Pautas:** detección de pautas espaciales.
6. **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

2.1. COMPONENTES DE UN SIG

Un SIG se puede dividir en cinco componentes: recursos humanos, procesos, datos, hardware y software.



Figura 1. Componentes de un SIG

Recursos humanos

Las personas asociadas con un SIG pueden clasificarse en: espectadores, usuarios generales y especialistas en SIG.

- Los espectadores son el público en general cuya única necesidad es explorar una base de datos geográfica para el material referencial. Son la clase más numerosa de usuarios.

- Usuarios generales son personas que utilizan SIG para realizar negocios, realizar servicios profesionales y tomar decisiones. Incluyen administradores de instalaciones, administradores de recursos, planificadores, científicos, ingenieros, abogados, empresarios, etc.
- Los especialistas en SIG son las personas que hacen que el SIG funcione. Incluyen administradores de SIG, administradores de bases de datos, especialistas en aplicaciones, analistas de sistemas y programadores. Son responsables del mantenimiento de la base de datos geográfica y de la prestación de apoyo técnico a las otras dos clases de usuarios.

Procesos

Los procesos son los pasos a seguir para llegar al objetivo final. La capacidad de un SIG para realizar análisis espacial y los procedimientos llevados a cabo para obtener el resultado requerido es lo que diferencia este tipo de sistema de cualquier otro sistema de información.

Los procedimientos incluyen como los datos son ingresados, almacenados, administrados transformados, analizados y finalmente presentados en el sistema. Los procesos incluyen tareas como ajustar el sistema de coordenadas, establecer una proyección convertir datos vectoriales a raster y viceversa.

Datos

Son la base para trabajar con los Sistemas de Información Geográfica. Por ello el aspecto más laborioso a la hora de iniciar un SIG es la creación de una base de datos.

Los datos geográficos pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros. Esos datos podrán venir de diferentes fuentes: sensores remotos, GPS, fotografías aéreas, archivos formatos shapefile, archivos CAD, archivos Excel, etc.

Los datos SIG representan objetos del mundo real (carreteras, edificios, altitudes). Los objetos se pueden dividir en dos: objetos discretos (una casa) y continuos (una orientación, una elevación). Los objetos discretos tienen límites conocidos y definibles, en cambio en los datos continuos cada ubicación se mide desde un punto de registro fijo (en los datos de elevación el punto fijo es el nivel del mar). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial. Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

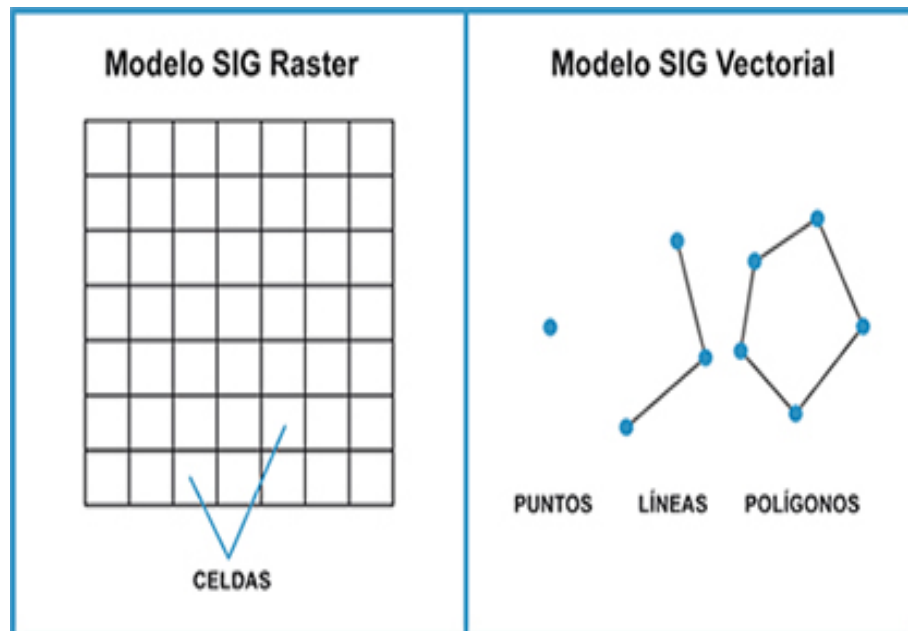


Figura 2. Modelo raster y modelo vectorial

- **Raster:** Un mapa raster es una capa de datos que se compone de una matriz de píxeles (celdas), con un valor único en cada celda.

Los datos raster se utilizan cuando se desea mostrar información que es continua a través de un área y no puede ser dividido fácilmente en entidades vectoriales.

- **Vectorial:** Un mapa vectorial es una capa de datos constituido por una serie de elementos dispersos en el espacio geográfico. En el formato vectorial los diferentes elementos se representan como puntos, líneas o polígonos. En los datos vectoriales se busca precisión en la localización de los elementos geográficos. Cada elemento estará asociado a un conjunto de atributos almacenados en una base de datos (nombres de calles, coordenadas geográficas, etc.)

Es fundamental comprobar la calidad de los datos ya que errores en el conjunto de los datos pueden provocar retrasos y fallos en la implementación de un SIG.

Para que los datos sean precisos se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- **Clase:** Es necesaria una descripción del material de origen del cual provienen los datos y de los métodos de obtención de estos datos. Esto debe incluir fechas del material de origen y cambios realizados en el.
- **Precisión:** Los datos deben tener precisión de posición (coordenadas geográficas correctas) y de atributos.
- **Consistencia lógica:** describe la compatibilidad de un dato con otros en un conjunto de datos. Hay varios modelos matemáticos usados para probar la consistencia lógica tales como pruebas de la métrica y de la incidencia, topológicas y las pruebas relacionadas del orden. Estas comprobaciones deben realizarse en diferentes etapas del tratamiento de datos espaciales.
- **Compleitud:** Es necesario tener en cuenta si falta información relevante con respecto a las características y los atributos.

Hardware

Representa el soporte físico necesario para ejecutar un SIG. Está compuesto por un sistema informático lo suficientemente potente para ejecutar el software, memoria suficiente para manejar grandes cantidades de datos, periféricos de entrada y salida como escáneres, registradores de datos GPS, monitores, impresoras y todos los componentes de la red informática.

Software

Actualmente disponemos de un buen número de software GIS que ponen a nuestra disposición herramientas para la gestión de la información geográfica. Todos estos software deben ser capaces de realizar tareas como: entrada de datos, almacenamiento, administración, transformación, análisis y salida, pero cada software tiene su propia apariencia y sus propios métodos para resolver dichas acciones.

ArcGIS es la tecnología de referencia en los SIG en estos momentos, existen otros tipos de software gratuito validos para el análisis geográfico como QGIS o Gvsig.

2.2. FUNCIONES DE UN SIG

Las funcionalidades de los SIG se agrupan en: Captura de datos espaciales, manejo de datos, visualización y consulta, análisis espacial y salida de datos y presentación.



Figura 3. Funciones de un SIG

Captura de datos

Para obtener la base de datos geográfica en un SIG se deben procesar y transformar los datos de distintas fuentes (datos de papel, cartografía digital, fotografías aéreas, imágenes satelitales, censos, datos GPS, tablas de datos alfanuméricos) al formato de datos del SIG.

Manejo de datos

Este conjunto de funciones se ocupan del almacenamiento y gestión de la base de datos geográfica. La base de datos contiene aspectos geométricos, topológicos y descriptivos de los datos.

Visualización y consulta

Se refiere al conjunto de herramientas disponibles en los SIG para la interacción del usuario con los datos geográficos. Algunas de estas herramientas son: de pantalla (ampliar, reducir, mover), de simbología (colores, tamaños, espesores), creación y generación de textos y consulta de información (identificar objetos).

Análisis espacial

La capacidad de análisis de datos espaciales es la más significativa de los SIG. Posibilita procesar los datos geográficos para obtener nuevos datos que sirvan de apoyo en la toma de decisiones.

Algunas de las funciones del análisis espacial son: Consulta a la base de datos, superposición de diferentes conjuntos de datos, interpolación de datos, análisis de proximidad, determinación de rutas óptimas, generación de modelos digitales de terreno.

Salida de datos y presentación

Por último, este conjunto de funciones se encarga de mostrar los datos y resultados del análisis al usuario final. La visualización de los datos espaciales y los resultados de sus análisis se pueden realizar de forma estática o dinámica.

La presentación estática sería en forma de mapas, tablas o graficas donde la información no varía, mientras que la dinámica se realizaría sobre soporte digital creando representaciones que cambien mostrando la evolución de las variables, su relación y como la modificación de una afecta a las otras.

2.3. PRINCIPALES SOFTWARES GIS

En el mercado hay multitud de software SIG, algunos creados por la comunidad de usuarios y distribuidos bajo una licencia GNU (código abierto) como QGIS, GRASS, uDig, gvSIG y otros, de carácter comercial, distribuidos con licencia de pago como ArcGIS (Esri), Geomedia (Hexagon Geospatial), MapInfo Professional (Pitney Bowes), Global Mapper (Blue Marble).

3. QGIS

QGIS es un software SIG de código abierto, libre y gratuito, que opera bajo la licencia GNU GPL. QGIS es compatible y funciona de manera similar en cualquiera de los sistemas operativos (Linux, Unix, MacOS, Windows y Android). QGIS está desarrollado empleando el lenguaje de programación C++ y emplea la plataforma Qt para su interfaz grafica.

3.1. INTERFAZ GRAFICA DE USUARIO

En la siguiente figura se puede observar la interfaz grafica dividida en seis partes:

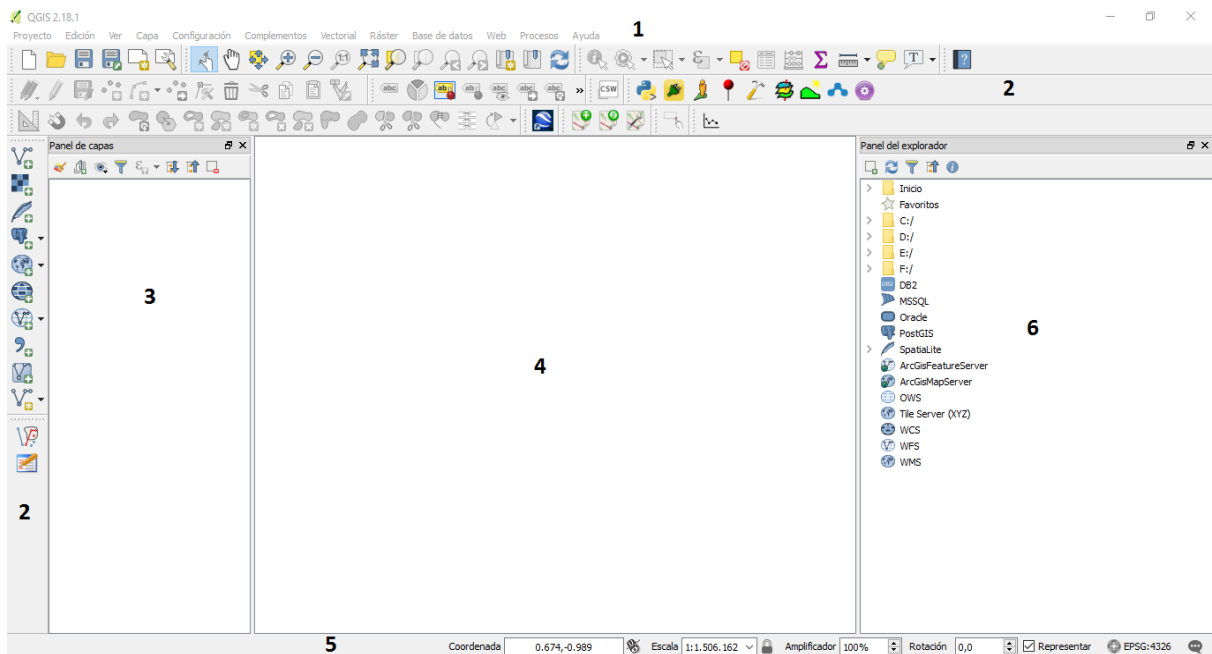


Figura 4. Interfaz grafica de QGIS

1. Barra de menús

La barra de menú permite acceder a todas las opciones disponibles en QGIS (visualizar, editar, analizar, gestionar y exportar datos espaciales). La mayoría de las opciones

están disponibles también en el menú de herramientas, algunas solo aparecen al cargar el complemento correspondiente.

2. Barra de herramientas

Da acceso a casi todas las funciones de la barra de menús pero de una forma más simple y rápida. Cada barra de herramientas se puede mover y colocar según la necesidad del usuario, incluso se pueden desactivar.

3. Panel de capas

En el panel de capas se pueden visualizar las capas geográficas con las que se está trabajando y el orden de estas. Al trabajar normalmente con más de una capa, estas se superponen. El orden de las capas dentro del panel establece esta superposición, la capa ubicada en la parte superior aparece representada superpuesta a las capas ubicadas inferiormente en la lista de capas. Esta superposición es evitable ya que en el panel de capas esta la posibilidad de ocultarlas en el lienzo del mapa. También se pueden configurar los símbolos que representan a cada capa.

4. Lienzo del mapa

En esta área se visualiza el mapa según el orden y la simbología elegida en el panel de capas. La vista del mapa se puede acercar, alejar y desplazar. También se puede modificar la vista del mapa al utilizar las herramientas y complementos disponibles en las barras de menú y herramientas de QGIS.

5. Barra de estado

La barra de estado muestra las coordenadas de la posición en la que se encuentre el puntero del ratón en la vista del mapa, la escala del mapa (puede modificarse), las opciones de rotar y amplificar la vista y por último el sistema de referencia de coordenadas elegido representado por un código EPSG.

6. Explorador de datos

Como el explorador de archivos de Windows, permite crear, abrir, copiar, eliminar y buscar archivos a través de las carpetas y ficheros tanto del equipo donde se trabaja como del propio proyecto. Permite acceder a archivos vectoriales o rasters, bases de datos (ej. PostGIS, Oracle, Spatialite o MYSQL Spatial) y conexiones WMS/WFS.

También permite visualizar los datos de GRASS.

3.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las principales características de QGIS son:

- **Software libre y gratuito**

La licencia pública general de GNU permite a los usuarios ejercer el control de sus tareas sin estar sometidos al mando de los desarrolladores del software. El software libre permite a los usuarios ejecutar, copiar, modificar y mejorar el software como lo deseen. Esto provoca que si un usuario necesita nuevas herramientas en QGIS pueda esperar a que sean desarrolladas por otros usuarios o desarrollarlas el mismo.

Además QGIS se encuentra entre los principales software SIG en la actualidad y puede ser descargado de manera completamente gratuita.

- **Librería GDAL/OGR**

QGIS emplea la librería más potente del mercado: GDAL/OGR.

GDAL/OGR (Geospatial Data Abstraction Library) dispone de una serie de herramientas, basadas en una biblioteca C++, para convertir y procesar un amplio rango de formatos de datos geoespaciales. GDAL soporta más de 140 formatos raster (GeoTIFF, Erdas Imagine, SDTS, ESRI Grids, ECW, MrSID, JPEG2000, DTED) y OGR más de 80 formatos vectoriales (ESRI Shapefile, MapInfo, GML, KML, PostGIS, Oracle Spatial, GeoPackage y formatos no espaciales como CSV, XLS, XLSX, ODS).

- Conexión a bases de datos

Una de las principales características de QGIS es su compatibilidad y su facilidad de conexión a bases de datos como PostGIS, Spatialite, MSSQL y Oracle Spatial.

PostGIS

PostGIS es un modulo que convierte el sistema de base de datos PostgreSQL en una base de datos espacial. La combinación de ambas resulta ideal para el tratamiento de datos espaciales. PostGIS sirve de apoyo para la base de datos de QGIS.

Las otras bases de datos mencionadas (Spatialite, MSSQL y Oracle Spatial) cuentan con funcionalidades similares.

- **Posibilidad de de integrar GRASS en QGIS**

Una de las características más destacables es la posibilidad de integrar GRASS en QGIS, teniendo acceso a las bases de datos y funcionalidades de GRASS bajo la interfaz grafica de usuario de QGIS.

GRASS GIS

GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) es un software SIG bajo licencia GNU GPL empleado para el tratamiento de información geoespacial y el procesado de imágenes. Cuenta con más de 400 módulos de análisis integrados que incluyen:

- Herramientas de geoprocesamiento para datos vectoriales y raster
- Conversión de formatos (raster a vectorial y viceversa)
- Procesado de imágenes de satélite
- Visualización de imágenes en 3D

- **Su módulo de scripting PyQGIS**

PyQGIS es la librería de QGIS para ejecutar código Python. El uso de PyQGIS permite la automatización de tareas o la creación de complementos propios. Con ello puedes ahorrar tiempo, manejar grandes volúmenes de información y resolver problemas que actualmente QGIS no es capaz generando plugins propios.

- **Administrador e instalador de complementos (plugins)**

Una de las ventajas de QGIS es la posibilidad de añadir complementos que aumentan la potencia del software. Los complementos (plugins) son pequeños programas que se adaptan a otros optimizando o añadiendo nuevas características mejorando su funcionalidad.

Algunos de los plugins más interesantes son:

- **OpenLayers:** Permite obtener capas de OpenStreetMap, Google Maps, Bing Maps, MapQuest y Apple Maps.
- **Profile Tool:** Con el plugin Profile Tool es posible generar un perfil topográfico a partir de una capa raster o una capa vectorial de puntos con datos de elevación. Estos gráficos generados se pueden exportar a distintos formatos como svg, pdf png o csv.
- **GEarth View:** Este complemento te permite ver todos los archivos espaciales que estás trabajando dentro de Google Earth.
- **Point Sampling Tool:** Este complemento sirve para obtener los atributos de un punto determinado en una capa raster.
- **Numerical Vertex Edit:** es un complemento que permite modificar las coordenadas de un punto determinado.

3.3. FUNCIONES DE QGIS

Las opciones disponibles tanto en la barra de menús como en la barra de herramientas dotan a QGIS de múltiples funcionalidades. A continuación se enumeraran y explicaran brevemente las principales:

- **Visualización de datos**

QGIS permite la visualización de datos vectoriales y raster simultáneamente superpuestos, con formatos y proyecciones diferentes. Soporta formatos como:

- Tablas importadas desde bases de datos como PostGIS, SpatiaLite y MS SQL Spatial, Oracle Spatial
- Capas vectoriales admitidas por la biblioteca OGR instalada y capas raster admitidas por la biblioteca GDAL
- Datos raster y datos vectoriales de la base de datos GRASS

- **Explorar datos y componer mapas**

Para llevar a cabo estas funciones QGIS dispone de las siguientes herramientas:

- Gestor de base de datos
- Diseñador de mapas
- Panel de vista general
- Marcadores espaciales
- Editar/ver/buscar atributos
- Reproyección al vuelo

- **Crear, editar, gestionar y exportar datos**

Para crear, editar, gestionar y exportar datos tanto vectoriales como raster QGIS dispone de las siguientes herramientas:

- Herramientas de digitalización para formatos reconocidos OGR y capas vectoriales GRASS
- Herramientas para crear y editar archivos shape y capas vectoriales GRASS
- Complemento georeferenciador para geocodificar imágenes
- Apoyo para visualizar y editar datos de OpenStreetMap
- Mejor manejo de tablas de bases de datos espaciales
- Herramientas para la gestión de tablas de atributos vectoriales
- Opción para guardar capturas de pantalla como imágenes georeferenciadas

- **Análisis de datos**

QGIS dispone de herramientas para el análisis de archivos vectoriales (herramientas de investigación, geoproceto, geometría, análisis y gestión de datos), de archivos raster (análisis del terreno) y gestión de bases de datos. También se puede utilizar las herramientas GRASS integradas, que incluyen sus más de 400 módulos. O bien, puede trabajar con el plugin de procesamiento.

4. WINDNINJA

WindNinja es un programa informático desarrollado por el USFS Missoula Fire Sciences Laboratory que calcula los campos de viento que varían espacialmente para su uso en modelado de incendios forestales. WindNinja emplea tiempos de simulación cortos, no requiere altas prestaciones de CPU ni mucha experiencia técnica para su utilización por lo que resulta ideal para la rápida respuesta de los equipos de emergencia de incendios.

La solución numérica se obtiene utilizando técnicas de método de elementos finitos (FEM). El terreno complejo de los paisajes propensos al fuego provoca cambios locales en la velocidad y la dirección del viento, WindNinja está diseñado específicamente para simular el efecto del terreno sobre el flujo del viento. Además, como WindNinja está diseñado para tener en cuenta el efecto que el terreno tiene en el flujo del viento, normalmente se ejecuta con una malla más fina (usualmente alrededor de 100-200 metros de resolución) que los modelos climáticos tradicionales (alrededor de 12 Kilómetro o más) para que el terreno pueda ser recreado de manera más concreta (crestas y valles individuales). A diferencia de los modelos climáticos tradicionales, WindNinja no predice el viento para tiempos futuros, sino que simula la variación espacial del viento durante un instante en el tiempo (no avanza en el tiempo).

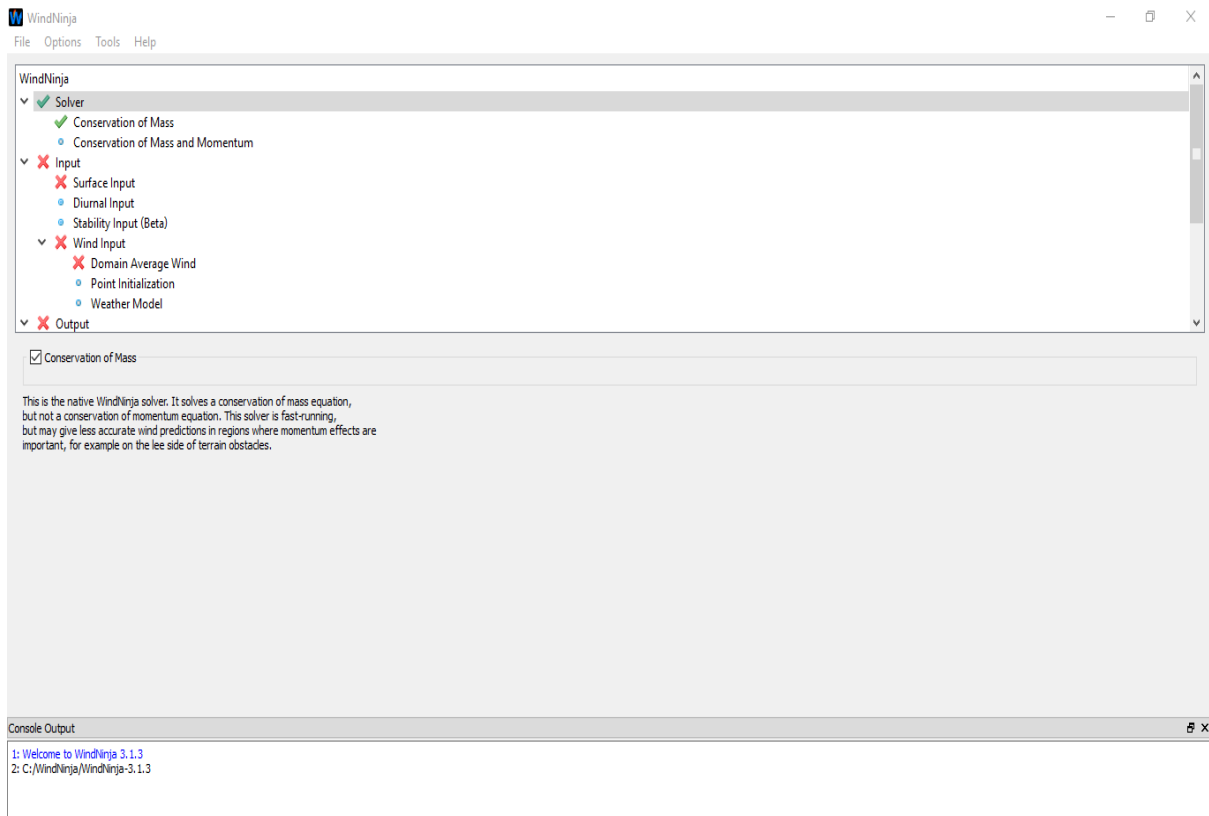


Figura 5. Interfaz grafica de WindNinja

4.1. MODOS DE USO DE WINDNINJA

WindNinja ha sido diseñado de tal manera que se requiere un pequeño número de entradas de usuario, haciendo las simulaciones fáciles para los no especialistas. Las entradas para una ejecución básica son: un archivo de datos de elevación para el área de modelado, una velocidad y dirección de viento de entrada y la especificación de la vegetación dominante en la zona.

WindNinja dispone de tres modos de uso:

1. Velocidad y dirección promedio del viento especificadas por el usuario. (Domain Average Wind)

En este modo WindNinja requiere que el usuario ingrese una sola velocidad y dirección del viento para caracterizar el campo de viento para el escenario de viento particular que está intentando simular. Esta velocidad y dirección del viento de entrada puede considerarse como aproximadamente un viento de superficie promedio sobre el dominio de simulación a la altura de entrada.

2. Datos especificados por el usuario de una estación meteorológica. (Inicialización de puntos)

La técnica de inicialización de puntos en WindNinja permite proporcionar valores de entrada de la velocidad del viento y la dirección en una o varias ubicaciones especificadas del archivo de elevación. Esta información se utiliza para impulsar la simulación, y los campos de viento de salida final coincidirán con sus entradas en estas ubicaciones. Normalmente, la información de entrada proviene de observaciones en estaciones meteorológicas tales como estaciones meteorológicas automáticas remotas (RAWS) y METAR o de mediciones manuales realizadas en incendios forestales. Los usuarios pueden utilizar este método para crear sus propios campos de viento.

3. Modelos de tiempo de escala gruesa de NOAA. (Inicialización del modelo meteorológico)

Los modelos meteorológicos simulan grandes áreas teniendo en cuenta factores como procesos a gran escala, brisa del mar, dinámica de nubes, etc. con un alto costo computacional y no utilizan una resolución suficientemente fina para capturar las influencias del terreno local (modificación mecánica del terreno, vientos de pendiente, etc.). La función de "inicialización del modelo de tiempo" en WindNinja es un intento de combinar las fortalezas de los modelos de tiempo grueso tradicionales y WindNinja en un modelo híbrido que puede explicar mejor la gama de escalas y la física involucrada, pero a un costo computacional modesto. La esperanza es que esto

proporcionará pronósticos de viento más precisos que son relevantes para los administradores de incendios forestales.

Actualmente hay 15 diferentes modelos de pronóstico del tiempo para elegir en WindNinja. Todos los modelos son administrados por los Centros Nacionales para la Predicción Ambiental (NCEP) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA). WindNinja accede a estos datos desde dos servidores diferentes, el servidor NOMADS de NOAA y el servidor thredds de la Corporación Universitaria para la Investigación Atmosférica (UCAR).

4.2. CARACTERISTICAS OPCIONALES DE WINDNINJA

Para mayor precisión en el resultado final WindNinja dispone de varias opciones (todavía no disponibles en todos los modos de uso) como las siguientes:

1. Modelo de vientos de pendiente diurna

Los vientos de pendiente diurna son causados por el calentamiento de las laderas de las montañas por la luz del sol diurna o el enfriamiento por la radiación nocturna (es decir, la radiación emitida por el suelo "caliente" que se pierde al cielo "frío"). Esto calienta o enfría el aire adyacente a la pendiente, causando fuerzas de flotación que producen flujo hacia arriba o hacia abajo de la pendiente

Un modelo simple ha sido incluido en WindNinja para simular los efectos de los vientos de pendiente diurna. El uso del modelo de viento diurno en WindNinja añade requisitos de entrada adicionales. La mayoría de estos insumos (fecha, hora, latitud / longitud, etc.) son el resultado de tener que calcular el ángulo solar en localizaciones a través del terreno.

2. Modelo de estabilidad atmosférica no neutral

La estabilidad atmosférica es una medida de la resistencia de la atmósfera al movimiento vertical. Esto es causado por la variación de la densidad del aire con la altura sobre el suelo.

WindNinja tiene un modelo simple para incluir algunos de los aspectos simples de los flujos de estabilidad no neutros. Puede ser fácilmente activado y requiere pocas entradas adicionales del usuario. El modelo actual calcula el flujo de calor superficial para aproximarse a la estabilidad atmosférica. El modelo de estabilidad no neutral se considera en una fase de prueba beta en este punto.

3. Conservación de masa y momento (sólo disponible en el modo Domain Average Wind)

En una simulación básica se resuelve la ecuación de conservación de la masa pero no la de momentos. Es la manera de resolver original de WindNinja. Es un solucionador rápido, los tiempos de cada simulación son menores a un minuto, y no muy exigente computacionalmente, pero puede proporcionar predicciones de vientos menos precisas en regiones donde el efecto del momento es importante, como en el lado de sotavento de los obstáculos del terreno.

Para unos resultados más precisos (sobre todo en terrenos montañosos) WindNinja tiene la opción de resolver también la ecuación de conservación de momentos. Se basa en la caja de herramientas OpenFOAM CFD. Proporciona predicciones de viento más precisas, sobre todo en zonas donde el efecto del momento es importante. Es más intensivo computacionalmente, por lo que los tiempos de simulación serán más largos (cada simulación puede tardar entre 10 y 30 minutos) dependiendo de la resolución de malla escogida y los recursos computacionales.

4.3. ARCHIVOS DE SALIDA

WindNinja proporciona diferentes tipos de archivos de salida para su uso en un SIG, Google Earth, programas de modelado de incendios y programas de ingeniería.

- **Google Earth**

El mejor modo de visualizar un mapa de viento obtenido de WindNinja es eligiendo un archivo de salida de Google Earth. Visualmente es superior al resto de opciones pero Google Earth no dispone de herramientas de análisis.

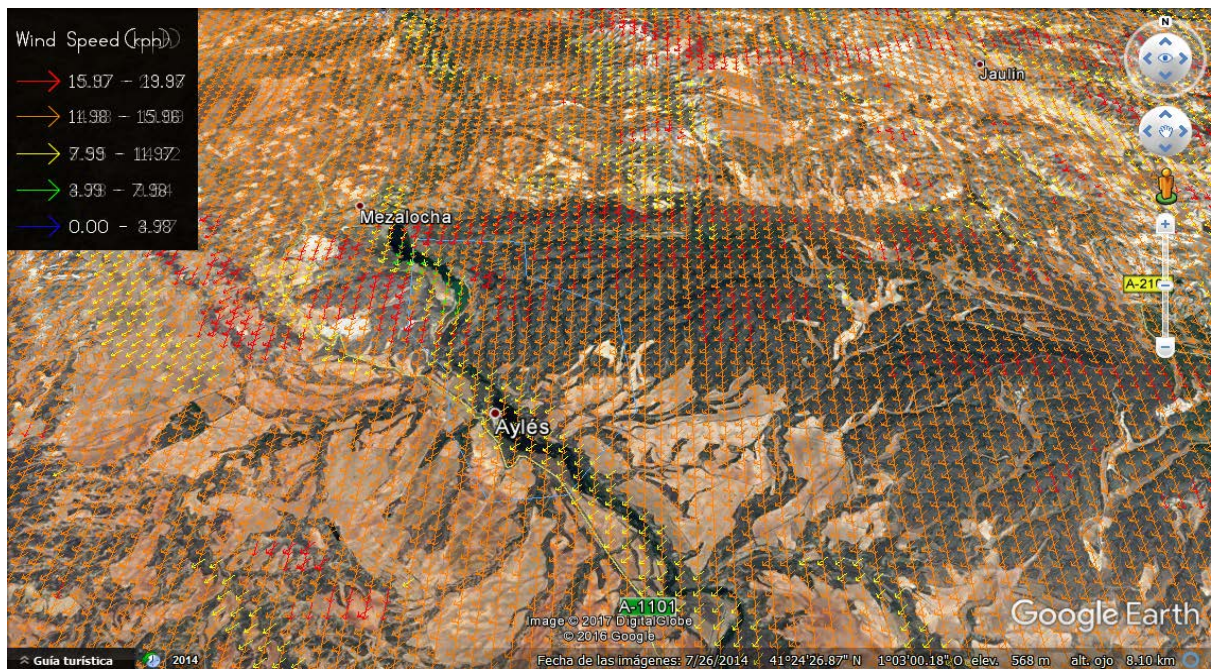


Figura 6. Mapa de viento en Google Earth

- **Programas de modelado de incendios**

WindNinja proporciona archivos de salida que pueden usarse en FARSITE y FlamMap para simulaciones de comportamiento contra incendios. Los archivos WindNinja para uso en FARSITE y FlamMap son formato ASCII Raster.

- **Archivos de salida para su uso en un SIG**

WindNinja también permite obtener archivos tipo shape para ver el mapa de viento en un software SIG. Los archivos de salida están diseñados para su visualización en ArcMap, ArcView o Quantum GIS. Estos archivos están siempre en la misma proyección que el archivo de elevación y creados en el mismo directorio.

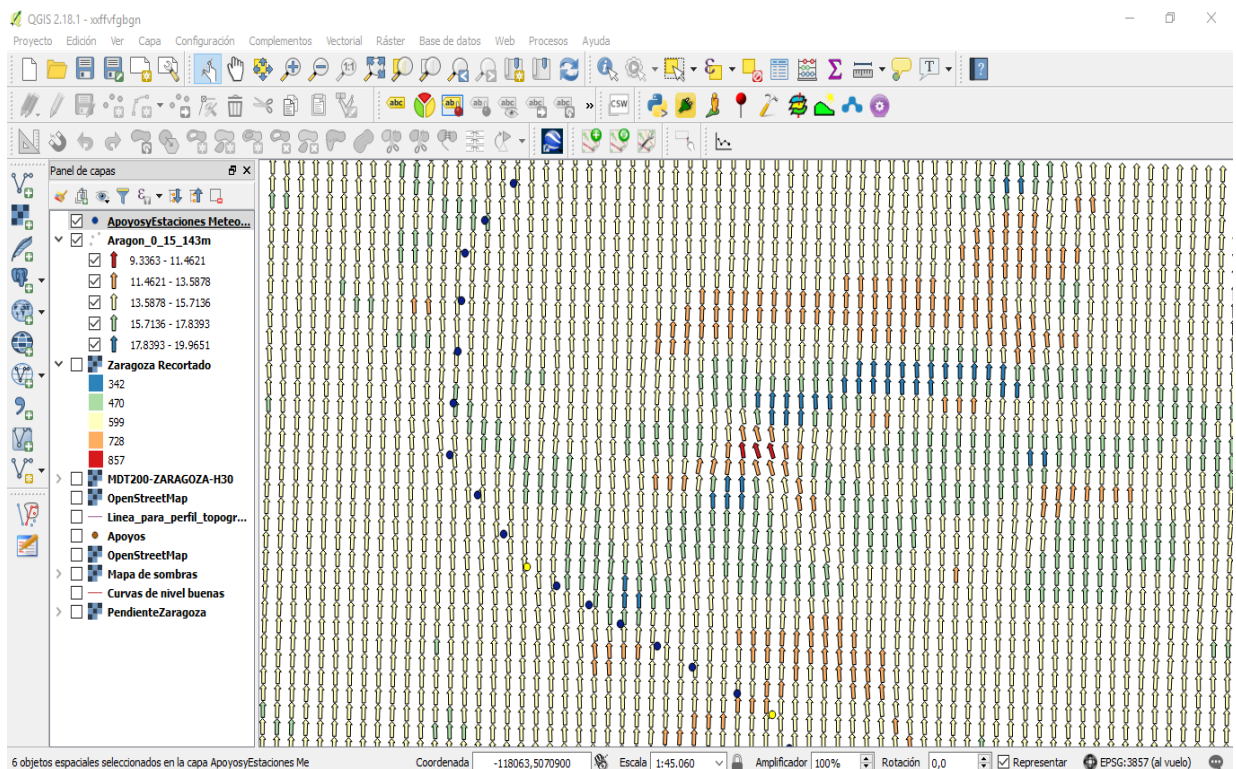


Figura 7. Mapa de viento en QGIS

- **Archivos de salida para programas de ingeniería**

Los archivos de salida VTK se pueden usar en programas científicos y de ingeniería para ver los campos de viento de salida en 3d.

4.4. LINEA DE COMANDOS DE WINDNINJA (CLI)

Para permitir que WindNinja sea utilizado más fácilmente por otros programas o través de secuencias de comandos, se ha desarrollado una interfaz de línea de comandos (cli). El Cli de WindNinja se proporciona como un ejecutable separado llamado "WindNinja_cli.exe".

Para realizar una ejecución desde el terminal, se recomienda agregar el directorio bin de WindNinja a la variable de entorno "Path".

Un cli se debe iniciar desde un terminal (o "spawned"). Escribir el nombre del ejecutable de cli ("WindNinja_cli.exe") y luego las opciones (argumentos) para especificar información sobre la ejecución.

Las opciones de la simulación se pueden utilizar en cualquier orden. Cada opción tiene un valor asociado que puede ser un valor de cadena, entero o flotante dependiendo de la opción. Algunas de las opciones tienen un valor predeterminado que se utiliza si no se especifica la opción. El valor predeterminado se muestra entre paréntesis.

Podemos ver todas estas opciones ejecutando WindNinja_cli en la consola de comandos:

```

C:\Users\emilio>WindNinja_cli
Allowed options:
Generic options:
  --version                print version
  --help                  produce help message
  --config_file arg       configuration file ('config_file' flag not required)
  --response_file arg     response file (can be specified with '@name', also)
Simulation options:
  --num_threads arg (=1)  number of threads to use during simulation
  --elevation_file arg     input elevation path/filename (*.asc, *.lcp, *.tif, *.img)
  --fetch_elevation arg   download an elevation file from an internet server and save to path/filename
  --north arg             north extent of elevation file bounding box to download
  --east arg              east extent of elevation file bounding box to download
  --south arg             south extent of elevation file bounding box to download
  --west arg              west extent of elevation file bounding box to download
  --x_center arg          x coordinate of center of elevation domain to download
  --y_center arg          y coordinate of center of elevation domain to download
  --x_buffer arg          x buffer of elevation domain to download (distance in east-west direction from center to edge of domain)
  --y_buffer arg          y buffer of elevation domain to download (distance in north-south direction from center to edge of domain)
  --buffer_units arg (=miles) units for x_buffer and y_buffer of elevation file to download (kilometers, miles)
  --elevation_source arg (=us_srtm) source for downloading elevation data (us_srtm, world_srtm, gmted)
  --initialization_method arg initialization method (domainAverageInitialization, pointInitialization, wxModelInitialization)
  --time_zone arg         time zone (common choices are: America/New_York, America/Chicago, America/Denver, America/Phoenix, America/Los_Angeles, America/Anchorage; use 'auto-detect' to try and find the time zone for the dem. All choices are listed in date_time_zonespec.csv)

```

Figura 8. Opciones de simulación WindNinja_cli

En esta primera figura aparecen opciones de descarga de archivos de elevación principalmente.

```

--wx_model_type arg      type of wx model to download (UCAR-NAM-CONUS-12-KM, UCAR-NAM-ALASKA-11-KM, UCAR-NRP-CONUS-2.5-KM, UCAR-RAP-CONUS-13-KM, UCAR-GFS-GLOBAL-0.5-DEG, NOMADS-GFS-GLOBAL-0.25-DEG, NOMADS-HIRES-NMH-ALASKA-5-KM, NOMADS-HIRES-ARW-CONUS-5-KM, NOMADS-HIRES-NMH-CONUS-5-KM, NOMADS-NAM-ALASKA-11.25-KM, NOMADS-NAM-CONUS-12-KM, NOMADS-NAM-NORTH-AMERICA-32-KM, NOMADS-HRRR-CONUS-3-KM, NOMADS-RAP-CONUS-13-KM, NOMADS-RAP-NORTH-AMERICA-32-KM)
--forecast_duration arg  forecast duration to download (in hours)
--forecast_filename arg  path/filename of an already downloaded wx forecast file
--match_points arg       match simulation to points(true, false)
--input_speed arg        input wind speed
--input_speed_units arg  units of input wind speed (mps, mph, kph)
--output_speed_units arg (=mph) units of output wind speed (mps, mph, kph)
--input_direction arg    input wind direction
--uni_air_temp arg       surface air temperature
--air_temp_units arg     surface air temperature units (K, C, R, F)
--uni_cloud_cover arg    cloud cover
--cloud_cover_units arg  cloud cover units (fraction, percent, canopy_category)
--wx_station_filename arg path/filename of input wx station file
--write_wx_station_kml arg (=0) write a Google Earth kml file for the input wx stations (true, false)
--wx_station_kml_filename arg filename for the Google Earth kml wx station output file
--input_wind_height arg  height of input wind speed above the vegetation
--units_input_wind_height arg units of input wind height (ft, m)
--output_wind_height arg height of output wind speed above the vegetation
--units_output_wind_height arg units of output wind height (ft, m)
--vegetation arg         dominant type of vegetation (grass, brush, trees)
--diurnal_winds arg (=0) include diurnal winds in simulation (true, false)
--year arg               year of simulation
--month arg              month of simulation
--day arg                day of simulation
--hour arg               hour of simulation
--minute arg             minute of simulation
--mesh_choice arg        mesh resolution choice (coarse, medium, fine)

```

Figura 9. Opciones de simulación WindNinja_cli

En la figura 9 ya aparecen opciones a utilizar como velocidad, dirección del viento, vegetación, altura del viento de entrada por encima de la vegetación y otras que no se utilizan por desechar los vientos diurnos como nubosidad y temperatura del aire.

```
--mesh_resolution arg          mesh resolution
--units_mesh_resolution arg    mesh resolution units (ft, m)
--output_buffer_clipping arg (=0) percent to clip buffer on output files
--write_wx_model_goog_output arg (=0) write a Google Earth kmz output file
                                for the raw wx model forecast (true,
                                false)
--write_goog_output arg (=0)   write a Google Earth kmz output file
                                (true, false)
--goog_out_resolution arg (=1) resolution of Google Earth output file
                                (-1 to use mesh resolution)
--units_goog_out_resolution arg (=m) units of Google Earth resolution (ft,
                                m)
--write_wx_model_shapefile_output arg (=0) write a shapefile output file for the
                                raw wx model forecast (true, false)
--write_shapefile_output arg (=0) write a shapefile output file (true,
                                false)
--shape_out_resolution arg (=1) resolution of shapefile output file (-1
                                to use mesh resolution)
--units_shape_out_resolution arg (=m) units of shapefile resolution (ft, m)
--write_wx_model_ascii_output arg (=0) write ascii fire behavior output files
                                for the raw wx model forecast (true,
                                false)
--write_ascii_output arg (=0)   write ascii fire behavior output files
                                (true, false)
--ascii_out_resolution arg (=1) resolution of ascii fire behavior
                                output files (-1 to use mesh
                                resolution)
--units_ascii_out_resolution arg (=m) units of ascii fire behavior output
                                file resolution (ft, m)
--write_vtk_output arg (=0)     write VTK output file (true, false)
--write_farsite_atm arg (=0)    write a FARSITE atm file (true, false)
--write_pdf_output arg (=0)     write PDF output file (true, false)
--pdf_out_resolution arg (=1)   resolution of pdf output file (-1 to
                                use mesh resolution)
--units_pdf_out_resolution arg (=m) units of PDF resolution (ft, m)
--pdf_linewidth arg (=1)        width of PDF vectors (in pixels)
--pdf_basemap arg (=topofire)   background image of the geospatial pdf,
                                default is topo map
--pdf_height arg                height of geospatial pdf
--pdf_width arg                 width of geospatial pdf
--pdf_size arg (=letter)        pre-defined pdf sizes (letter, legal,
                                tabloid)
--output_path arg               path to where output files will be
                                written
--non_neutral_stability arg (=0) use non-neutral stability (true, false)
--alpha_stability arg           alpha value for atmospheric stability
--input_points_file arg         input file containing lat,long,z for
                                requested output points (z in m above
                                ground)
--output_points_file arg        file to write containing output for
                                requested points
--existing_case_directory arg    path to an existing OpenFOAM case
                                directory
--momentum_flag arg (=0)        use momentum solver (true, false)
--number_of_iterations arg (=300) number of iterations for momentum
                                solver
```

Figura 10. Opciones de simulación WindNinja_cli

Por último en la figura 10 debemos escoger parámetros como el tipo de malla, su unidad, los archivos de salida que interesen en cada caso (para trabajar en QGIS, shapefile) y el solucionador de momentos.

5. CARGA DE DATOS

Partiendo de un lienzo en blanco en la interfaz antes comentada de QGIS se irán incluyendo los datos a estudiar en el programa en forma de capas (vectoriales o rasters).

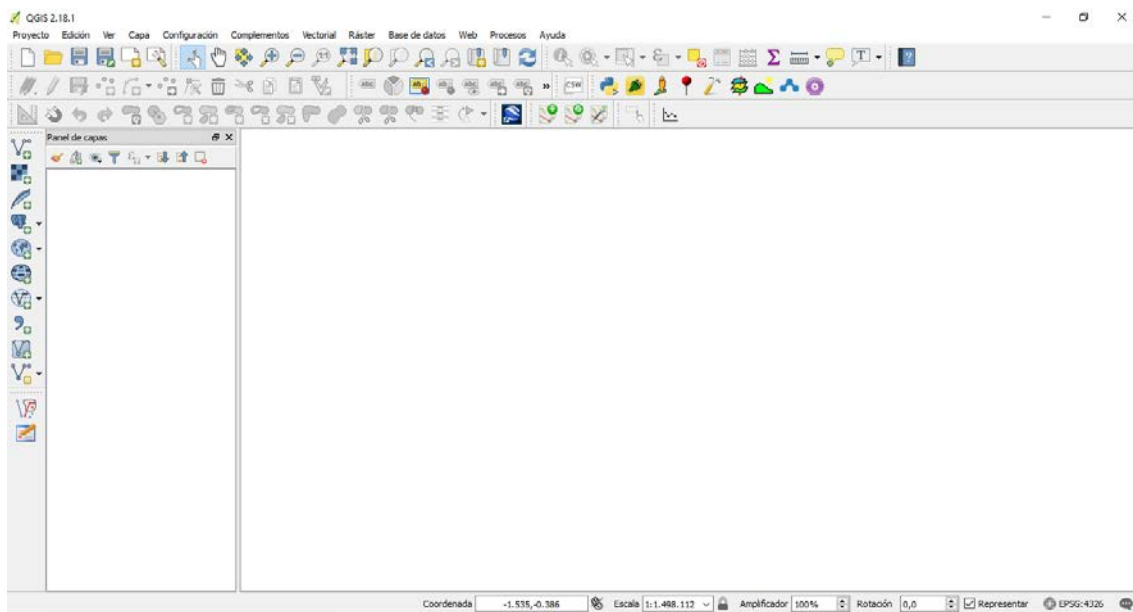


Figura 11. Interfaz QGIS con lienzo del mapa en blanco

5.1 CAPAS VECTORIALES

Se añadirá una capa vectorial al mapa que representa a los apoyos.

5.1.1. APOYOS

Partiendo de una lista como la de la Tabla 1 el programa permite introducir los apoyos en forma de una capa vectorial. La lista está compuesta por una serie de apoyos que componen la línea Maria-Fuendetodos, una línea de doble circuito de 30 km de longitud instalada en un área con una alta generación de energía eólica en la zona geográfica de Aragón. En este caso se podrían introducir por un lado los apoyos sin estaciones meteorológicas y por otro los apoyos con estaciones meteorológicas para

distinguirlos dándoles diferentes estilos, pero para futuras operaciones es mejor introducirlos en una única capa y resaltar los apoyos que tienen estaciones meteorológicas incorporadas.

Nº	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Huso
T1	669,242.7	4,578,329.5	761.9	30
T2	668,977.5	4,578,307.4	761.1	30
T3	668,547.9	4,578,350.9	707.5	30
T4	668,172.6	4,578,388.8	682.6	30
T5	667,798.4	4,578,426.6	674.7	30
T6	667,413.0	4,578,465.6	654.5	30
T7	667,182.2	4,578,589.5	642.1	30
T8	666,922.9	4,578,728.7	631.3	30
T9	666,814.0	4,579,087.7	627.6	30
T10	666,694.8	4,579,480.9	621.3	30
T11	666,617.1	4,579,737.2	610.3	30
T12	666,525.0	4,580,040.8	603.1	30
T13	666,434.3	4,580,340.2	598.2	30
T14 (EM 1)	666,325.7	4,580,698.2	590.8	30
T15	666,088.7	4,581,060.2	587.2	30
T16	665,851.6	4,581,422.4	581.2	30
T17	665,663.8	4,581,709.3	579.9	30
T18	665,480.4	4,581,989.4	567.1	30
T19	665,279.9	4,582,295.6	569.9	30
T20	665,093.0	4,582,581.2	561.4	30
T21	664,901.5	4,582,873.6	559.8	30
T22	664,716.5	4,583,156.2	555.9	30
T23	664,442.1	4,583,316.0	549.8	30
T24	664,291.8	4,583,403.5	549.6	30
T25	664,054.8	4,583,413.3	529.9	30
T26	663,753.6	4,583,208.4	498.3	30
T27	663,558.2	4,583,075.5	525.2	30
T28	663,240.1	4,583,118.2	540.5	30
T29	662,951.8	4,583,220.8	541.7	30
T30	662,712.7	4,583,306.0	537.0	30
T31	662,420.8	4,583,409.9	540.9	30
T32	662,161.4	4,583,502.3	537.2	30
T33	661,797.9	4,583,631.7	548.1	30
T34	661,645.9	4,583,869.1	536.9	30
T35	661,454.0	4,584,168.7	534.1	30
T36	661,262.1	4,584,468.5	528.8	30
T37 (EM2)	661,085.0	4,584,745.1	525.0	30

Tabla 3. Datos de los apoyos

La tabla contiene datos de los ochenta y seis apoyos que se van a estudiar, entre los cuales hay seis apoyos con estación meteorológica (EM i) de los que se obtienen los datos de velocidad y dirección de viento reales.

Para la georreferenciación de los apoyos solo son necesarias las columnas de las coordenadas x e y, aparte de elegir el sistema de referencia adecuado a la localización de los apoyos. En este caso se utilizara el mismo sistema de coordenadas que automáticamente se obtiene al descargar un archivo de elevación en el software WindNinja para que el posterior análisis de datos sea correcto. El sistema de coordenadas elegido es: WGS 84 / UTM zone 30N, EPSG: 32630.

La interfaz grafica de QGIS al cargar los apoyos queda de la siguiente manera:

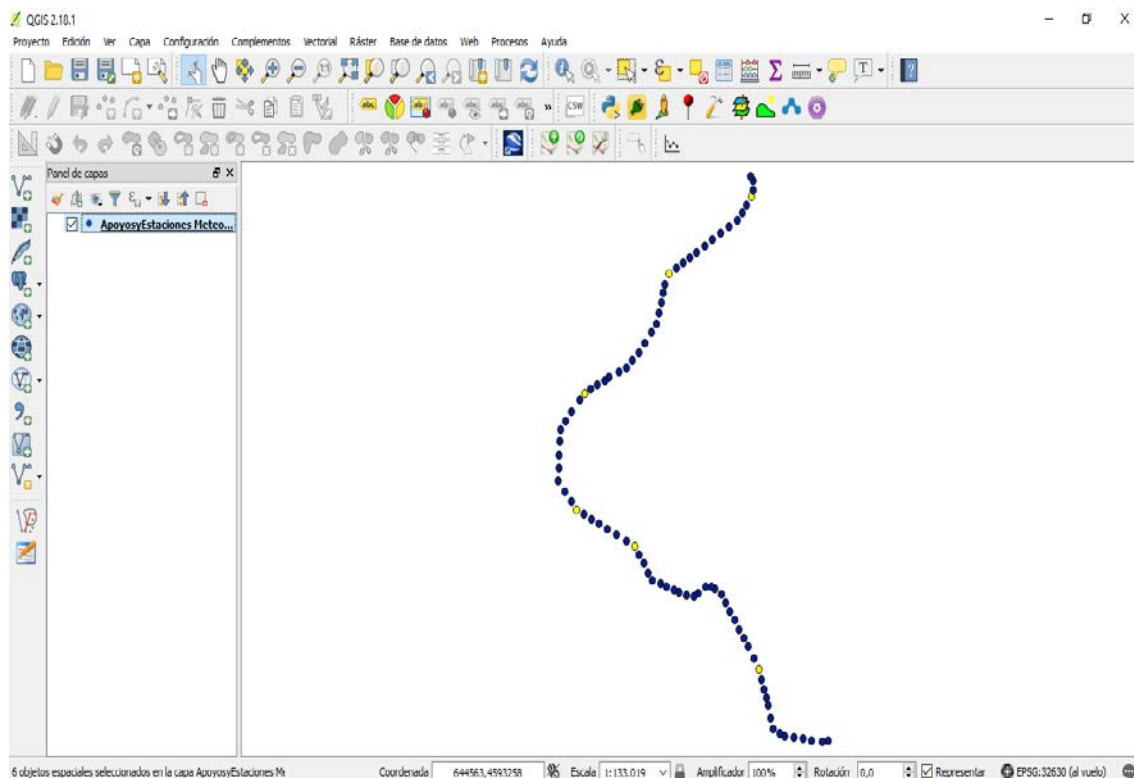


Figura 12. Apoyos

Cada punto representa un apoyo y los puntos amarillos son apoyos con estaciones meteorológicas.

5. 2. CAPAS RASTER

Una vez se tienen los apoyos en el mapa se añadirá una capa raster para observar la localización de los apoyos con respecto a la ciudad de Zaragoza y otra para analizar el terreno.

5.2.1. MAPA DE SITUACION

QGIS dispone de una serie de complementos. En esta ocasión se utilizara uno de ellos llamado OpenLayers plugin. A través de este complemento podemos obtener capas de OpenStreetMap, Google Maps, Bing Maps, MapQuest y Apple Maps.

Se utilizara un mapa de situación de OpenStreetMap, que contiene mapas creados utilizando información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles, ortofotografías y otras fuentes libres.

Se obtiene un mapa de carreteras, ríos y calles que ayudan a situar los apoyos en relación a su localización geográfica.

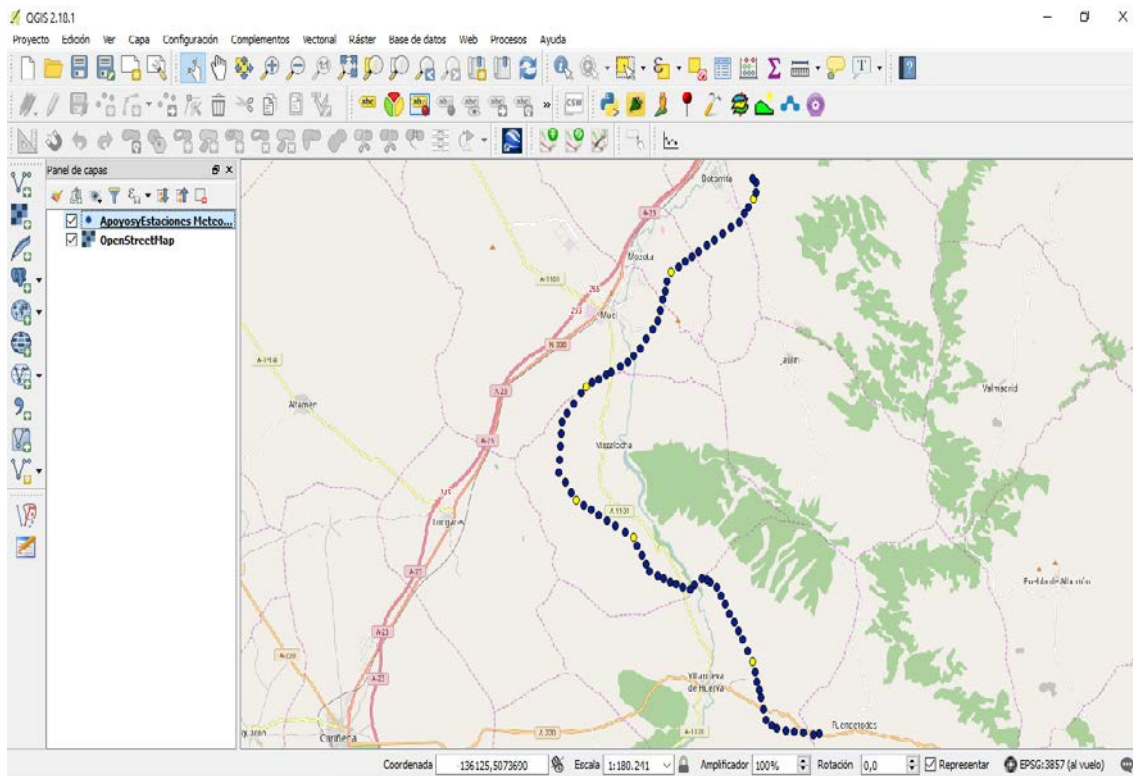


Figura 13. Mapa de situación

5.2.1. RASTER TERRENO

Para los análisis del terreno que se harán a continuación se necesita una capa con datos relativos a la elevación del terreno. La base del análisis del terreno será un MDT200 de la zona donde están situados los apoyos. El modelo digital del terreno supone una capa dividida en cuadrados de doscientos metros de largo con información de la elevación del terreno (eje z) respecto a un sistema de coordenadas, en la capa de apoyos solo teníamos información de la altitud a la que se encuentra cada apoyo. Estos modelos digitales de terreno se pueden descargar en la web del Centro Nacional de Información Geográfica.

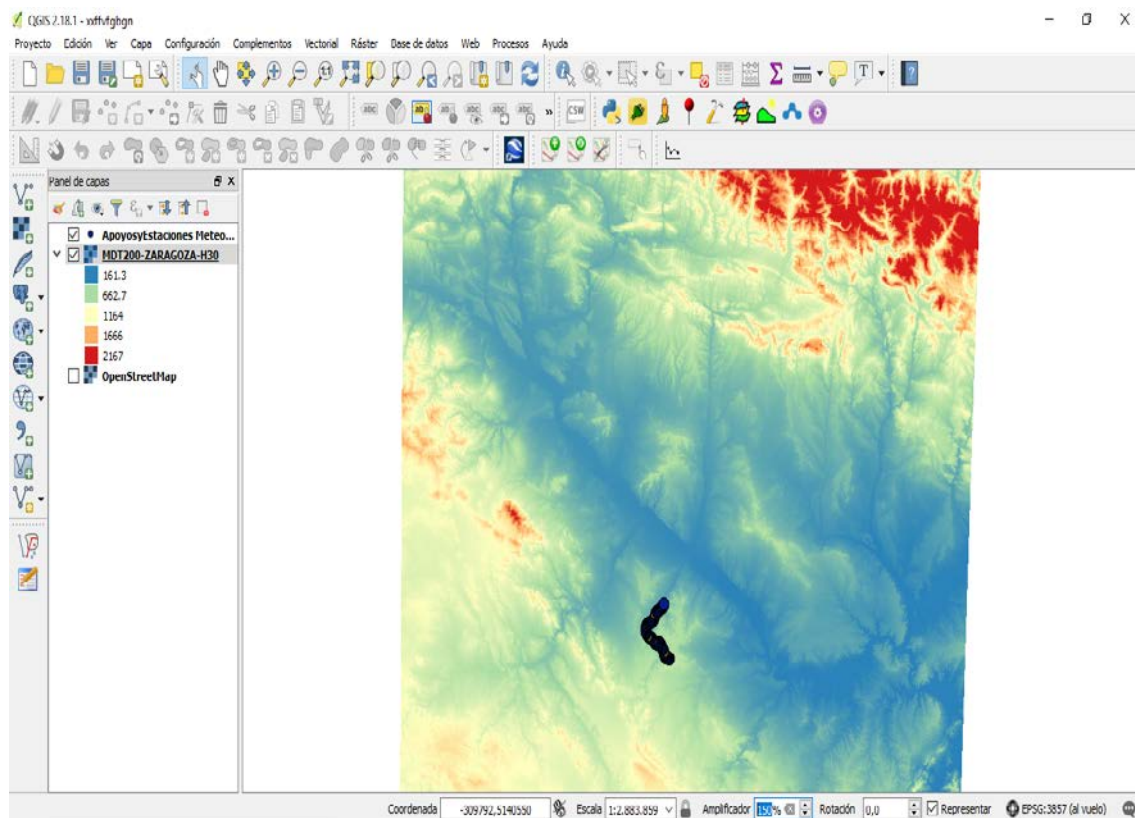


Figura 14. Capa raster de altitud

En la figura 15 está representada la capa raster que fue descargada del CNIG y categorizada por colores en función de la altitud de cada cuadrado de la cuadrícula.

Se puede ver que en la zona de apoyos los tonos predominantes son azules y verdes, algo esperado ya que los apoyos se encuentran entre cuatrocientos y ochocientos metros de altitud, el rango que delimitan los tonos azules y verdes.

En la imagen anterior vemos todo el modelo digital de elevación de la zona de Zaragoza que descargamos, para apreciar mejor los tonos que predominan únicamente en la zona de los apoyos hacemos zoom en esta zona y obtenemos la siguiente figura:

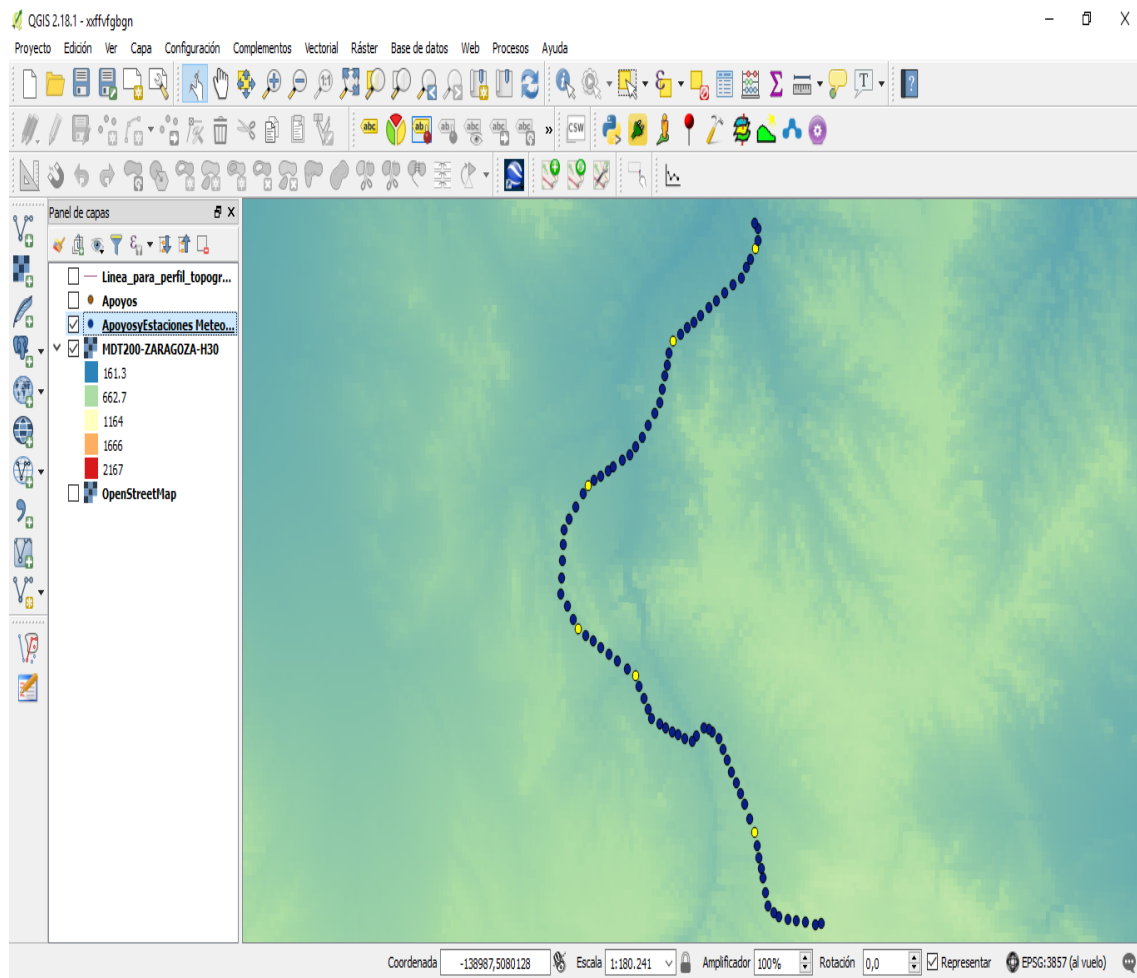


Figura 15. Capa raster de altitud referido a la zona de apoyos

Aumentando aun más el zoom se puede apreciar la cuadrícula de la que se hablo anteriormente, en el que cada pixel representa una altitud. Con la herramienta identificar objetos espaciales, pinchando en cada pixel, aparece el cuadro de la imagen, donde aparece la altitud.

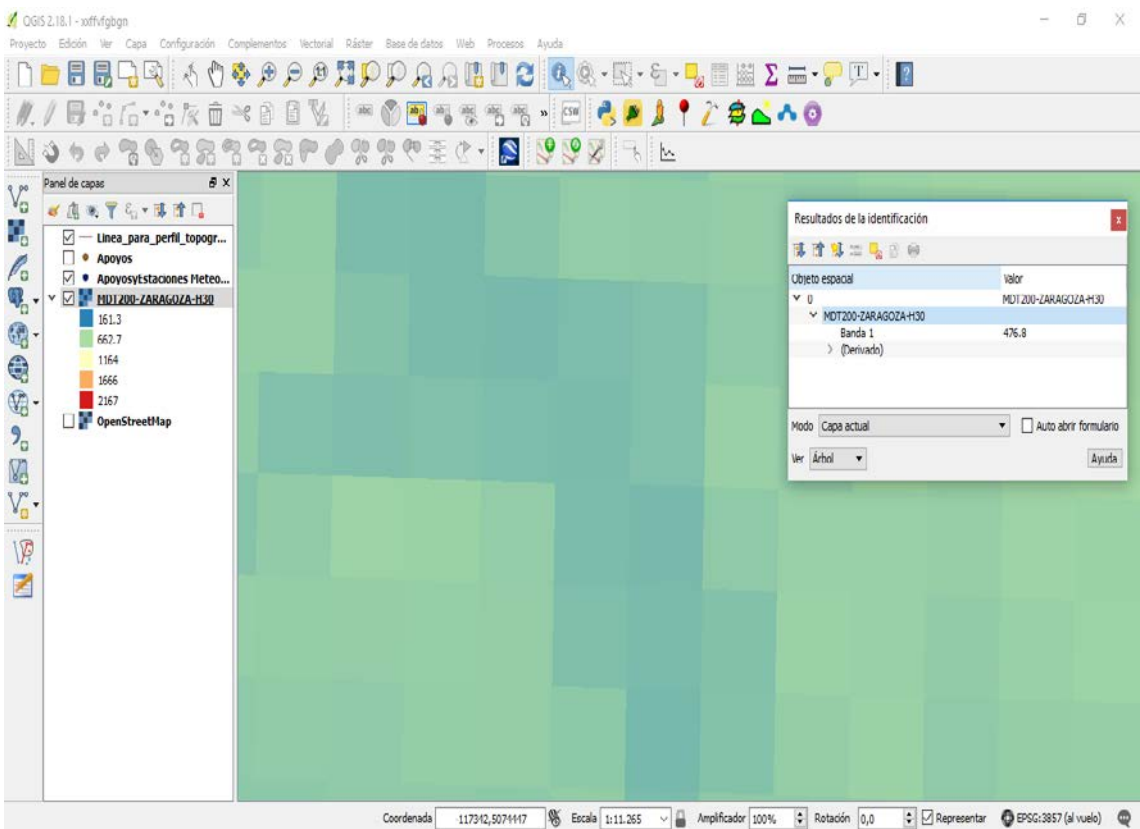


Figura 16. Cuadrícula de la capa raster

6. ANALISIS DEL TERRENO

La temperatura de los conductores de una línea eléctrica se puede ver afectada por varias razones. Unas pueden ser geográficas (la altitud), otras asociadas a fenómenos meteorológicos (viento, radiación solar, lluvia, nieve).

El factor más determinante para la refrigeración de los conductores aéreos es el viento, por ello el estudio se centrara en tratar de determinar la velocidad y dirección del viento a lo largo de toda la línea.

Para tener una idea de cómo debería actuar el viento cuando se simule con WindNinja, se debe hacer un estudio del relieve de la línea y los alrededores para ver si sufrirá grandes variaciones a lo largo de la línea (debido a un relieve muy escarpado) o si al tratarse de un relieve mas llano se mantendrá constante a lo largo de esta.

6.1. RELIEVE DE LA LINEA

Para estudiar la geografía de la línea se ejecutaran dos tareas, primero se realizaran mediciones acerca de la distancia entre apoyos, diferencia de altitud entre apoyos, pendiente media entre apoyos, clasificación de los apoyos según su altitud y después se generara un perfil topográfico de la línea.

6.1.1. DISTANCIA ENTRE APOYOS

El programa dispone de una herramienta para medir las distancias entre apoyos, pero la línea está formada por ochenta y seis apoyos por lo que se debe automatizar la tarea.

QGIS te permite automatizar órdenes usando el lenguaje de programación Python.

Python está incorporado en QGIS, con el siguiente código se puede calcular la distancia entre un apoyo y su sucesivo (se puede calcular la distancia con todos los que le suceden con una pequeña modificación del código).

```
from math import sqrt
import itertools

Apoyos=iface.addVectorLayer('C:\Users\milio\Desktop\Nueva
carpeta\Apoyos.shp','Apoyos','ogr')
features = Apoyos.getFeatures()
points = [feature.geometry().asPoint() for feature in features]
postes=[]
for feature in Apoyos.getFeatures():
    numero=feature.attributes()[0]
    postes.append(str(numero))
n=len(points)
list=range(n)
for i,j in itertools.combinations(list, 2):
    if j=i+2:
        continue
    print postes[i], postes[j], sqrt(points[i].sqrDist(points[j]))
```

Después de ejecutar el código se obtienen en la consola de Python todas las distancias:

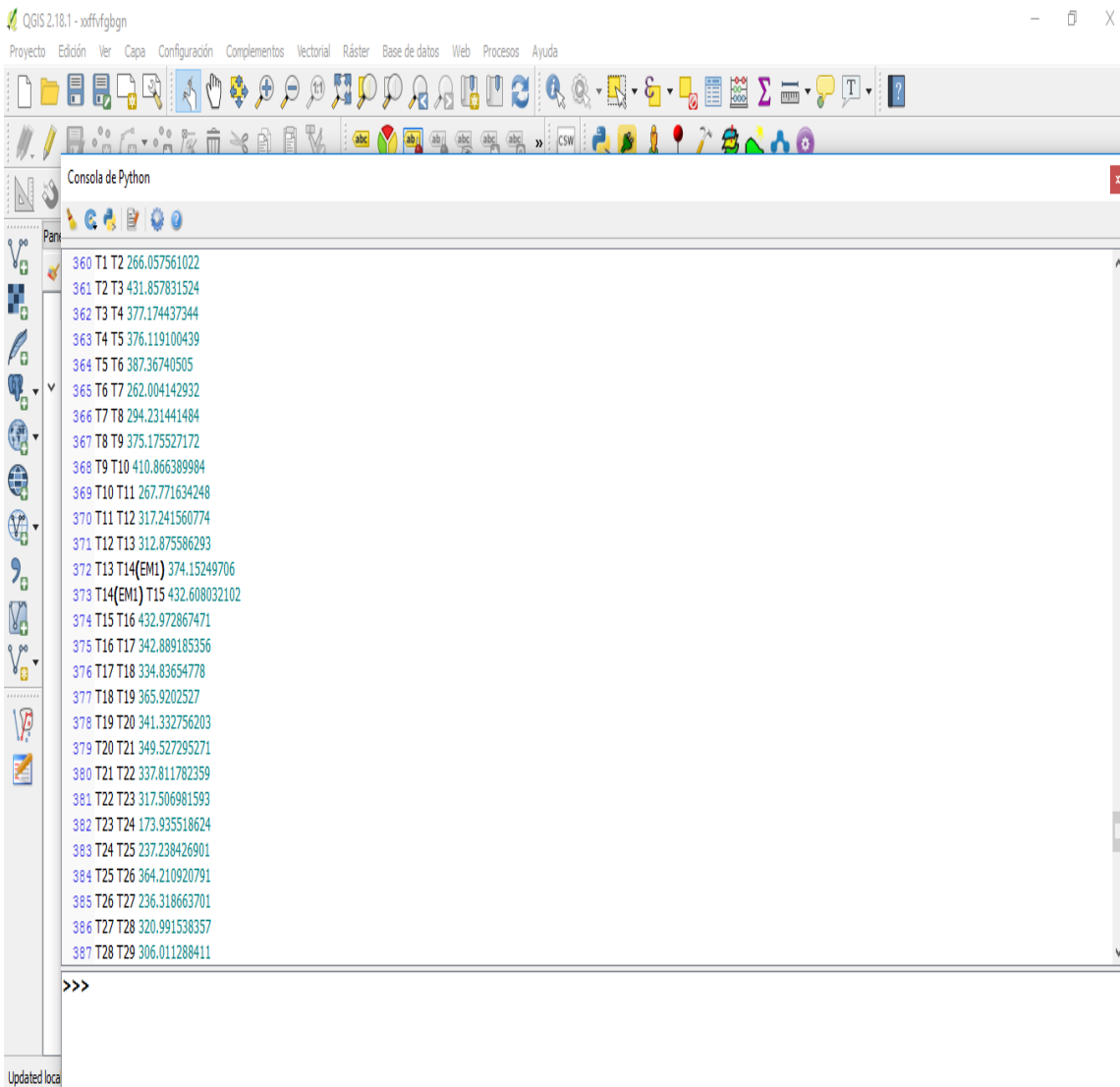


Figura 17. Distancia entre apoyos

Esta lista se puede llevar a un formato más manejable como una hoja de Excel de forma sencilla, en la siguiente tabla se muestra un extracto de las distancias:

Apoyos	Apoyos	Distancia (m)
T1	T2	266.057561
T2	T3	431.8578315
T3	T4	377.1744373
T4	T5	376.1191004
T5	T6	387.3674051
T6	T7	262.0041429
T7	T8	294.2314415
T8	T9	375.1755272
T9	T10	410.86639
T10	T11	267.7716342
T11	T12	317.2415608
T12	T13	312.8755863
T13	T14(EM1)	374.1524971
T14(EM1)	T15	432.6080321
T15	T16	432.9728675
T16	T17	342.8891854
T17	T18	334.8365478
T18	T19	365.9202527
T19	T20	341.3327562
T20	T21	349.5272953
T21	T22	337.8117824
T22	T23	317.5069816
T23	T24	173.9355186
T24	T25	237.2384269
T25	T26	364.2109208
T26	T27	236.3186637
T27	T28	320.9915384
T28	T29	306.0112884
T29	T30	253.783266
T30	T31	309.867051
T31	T32	275.410016
T32	T33	385.7687425
T33	T34	281.9114998
T34	T35	355.8404994
T35	T36	355.9259394
T36	T37(EM2)	328.4211078
T37(EM2)	T38	392.8140579

Tabla 4. Distancia entre apoyos

6.1.2. CLASIFICACION DE LOS APOYOS SEGÚN SU ALTITUD

Siguiendo con la consola de Python podemos ver el número de apoyos que se encuentran dentro de unos límites. Por ejemplo dividimos los apoyos en las tres zonas A, B y C que se estipulan en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión para el cálculo de esfuerzos en los apoyos.

Con el siguiente código podemos ver el número de apoyos que se encuentran en cada zona y el número de esos apoyos:

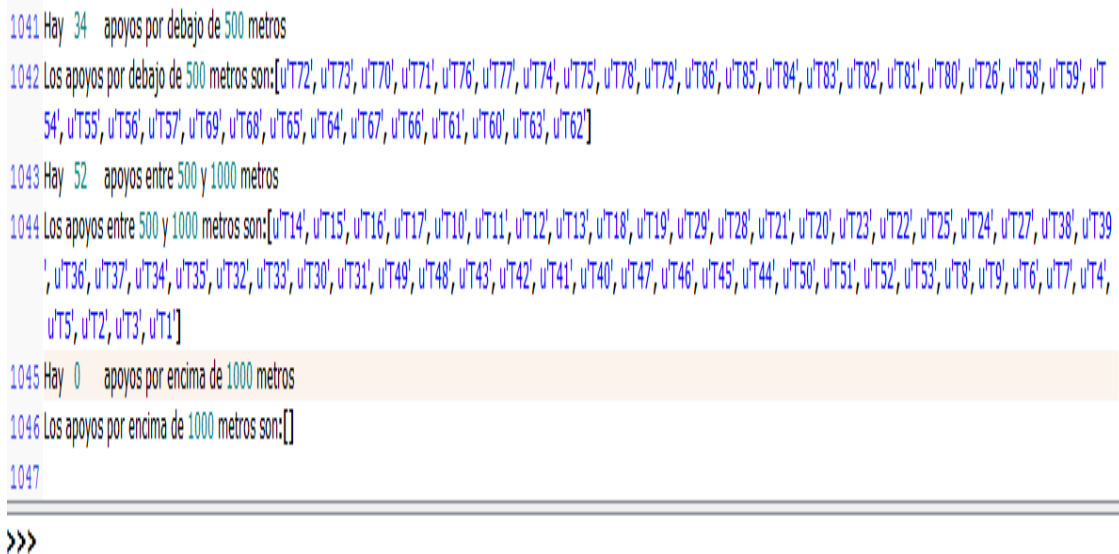
```
altitud=[]
for feature in Apoyos.getFeatures():
    altura=feature.attributes()[3]
    altitud.append(altura)
postes=[]
for feature in Apoyos.getFeatures():
    numero=feature.attributes()[0]
    postes.append(str(numero))
adict = dict(itertools.izip(postes,altitud))
alt1=0
alt2=0
alt3=0
postes1=[]
postes2=[]
postes3=[]
for clave, valor in adict.iteritems():
    if valor<=500:
        alt1=alt1+1
        postes1.append(clave)
    elif 500<valor<=1000:
```

```

elif valor1000:
    alt3=alt3+1
    postes3.append(clave)
print 'Hay' + ' ' + str(alt1) + ' ' + 'apoyos por debajo de 500 metros'
print 'Los apoyos por debajo de 500 metros son:' + ' ' + str(postes1)
print 'Hay' + ' ' + str(alt2) + ' ' + 'apoyos entre 500 y 1000 metros'
print 'Los apoyos entre 500 y 1000 metros son:' + ' ' + str(postes2)
print 'Hay' + ' ' + str(alt3) + ' ' + 'apoyos por encima de 1000 metros'
print 'Los apoyos por encima de 1000 metros son:' + ' ' + str(postes3)

```

Tras ejecutar el código en la consola de Python podemos obtenemos la solución que vemos en la siguiente figura:



```

1041 Hay 34 apoyos por debajo de 500 metros
1042 Los apoyos por debajo de 500 metros son: ['T72', 'T73', 'T70', 'T71', 'T76', 'T77', 'T74', 'T75', 'T78', 'T79', 'T86', 'T85', 'T84', 'T83', 'T82', 'T81', 'T80', 'T26', 'T58', 'T59', 'T54', 'T55', 'T56', 'T57', 'T69', 'T68', 'T65', 'T64', 'T67', 'T66', 'T61', 'T60', 'T63', 'T62']
1043 Hay 52 apoyos entre 500 y 1000 metros
1044 Los apoyos entre 500 y 1000 metros son: ['T14', 'T15', 'T16', 'T17', 'T10', 'T11', 'T12', 'T13', 'T18', 'T19', 'T29', 'T28', 'T21', 'T20', 'T23', 'T22', 'T25', 'T24', 'T27', 'T38', 'T39', 'T36', 'T37', 'T34', 'T35', 'T32', 'T33', 'T30', 'T31', 'T49', 'T48', 'T43', 'T42', 'T41', 'T40', 'T47', 'T46', 'T45', 'T44', 'T50', 'T51', 'T52', 'T53', 'T8', 'T9', 'T6', 'T7', 'T4', 'T5', 'T2', 'T3', 'T1']
1045 Hay 0 apoyos por encima de 1000 metros
1046 Los apoyos por encima de 1000 metros son: []
1047
>>>

```

Figura 18. Clasificación según la altitud de los apoyos

Hay 34 apoyos en zona A (por debajo de 500 metros), 52 apoyos en zona B (entre quinientos y mil metros) y ninguno en zona C (por encima de 1000 metros).

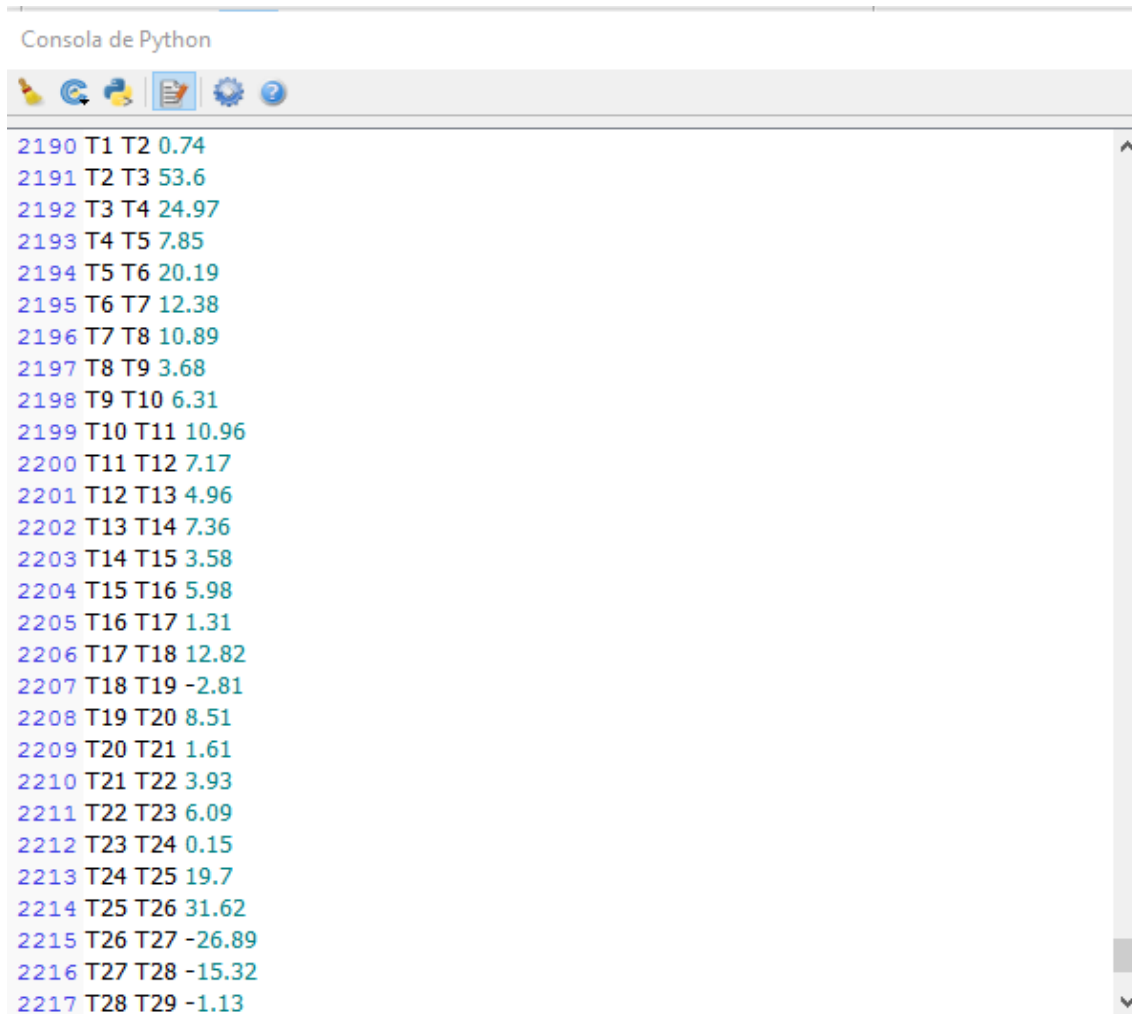
6.1.3. DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE APOYOS

Otra tarea podemos automatizar es la de calcular la diferencia de altitud entre un apoyo y su sucesivo. Este cálculo sumado al cálculo de la distancia entre apoyos servirá para el cálculo de la pendiente media entre apoyos que se realizara a continuación.

Llevamos a cabo la operación con el siguiente código:

```
import itertools
altitud=[]
for feature in Apoyos.getFeatures():
    altura=feature.attributes()[3]
    altitud.append(altura)
postes=[]
for feature in Apoyos.getFeatures():
    numero=feature.attributes()[0]
    postes.append(numero)
n=len(altitud)
list=range(n)
for i,j in itertools.combinations(list, 2):
    if ji+1:
        continue
    print postes[i], postes[j], altitud[i]-altitud[j]
```

En la consola de Python la siguiente solución:



The screenshot shows a Python console window titled "Consola de Python". It contains a list of 18 lines of text, each representing a difference in altitude between two supports (T1 to T29). The lines are color-coded: blue for the first two digits, green for the next two, and red for the final value. The values range from 53.6 down to -1.13.

```
2190 T1 T2 0.74
2191 T2 T3 53.6
2192 T3 T4 24.97
2193 T4 T5 7.85
2194 T5 T6 20.19
2195 T6 T7 12.38
2196 T7 T8 10.89
2197 T8 T9 3.68
2198 T9 T10 6.31
2199 T10 T11 10.96
2200 T11 T12 7.17
2201 T12 T13 4.96
2202 T13 T14 7.36
2203 T14 T15 3.58
2204 T15 T16 5.98
2205 T16 T17 1.31
2206 T17 T18 12.82
2207 T18 T19 -2.81
2208 T19 T20 8.51
2209 T20 T21 1.61
2210 T21 T22 3.93
2211 T22 T23 6.09
2212 T23 T24 0.15
2213 T24 T25 19.7
2214 T25 T26 31.62
2215 T26 T27 -26.89
2216 T27 T28 -15.32
2217 T28 T29 -1.13
```

Figura 19. Diferencia de altitud entre apoyos

Añadimos esta nueva tabla a la hoja de Excel que creamos anteriormente para las distancias entre apoyos y tenemos la siguiente tabla:

Apoyos	Apoyos	Distancia (m)	Diferencia altitud (m)
T1	T2	266.057561	0.74
T2	T3	431.8578315	53.6
T3	T4	377.1744373	24.97
T4	T5	376.1191004	7.85
T5	T6	387.3674051	20.19
T6	T7	262.0041429	12.38
T7	T8	294.2314415	10.89
T8	T9	375.1755272	3.68
T9	T10	410.86639	6.31
T10	T11	267.7716342	10.96
T11	T12	317.2415608	7.17
T12	T13	312.8755863	4.96
T13	T14(EM1)	374.1524971	7.36
T14(EM1)	T15	432.6080321	3.58
T15	T16	432.9728675	5.98
T16	T17	342.8891854	1.31
T17	T18	334.8365478	12.82
T18	T19	365.9202527	-2.81
T19	T20	341.3327562	8.51
T20	T21	349.5272953	1.61
T21	T22	337.8117824	3.93
T22	T23	317.5069816	6.09
T23	T24	173.9355186	0.15
T24	T25	237.2384269	19.7
T25	T26	364.2109208	31.62
T26	T27	236.3186637	-26.89
T27	T28	320.9915384	-15.32
T28	T29	306.0112884	-1.13
T29	T30	253.783266	4.65
T30	T31	309.867051	-3.89
T31	T32	275.410016	3.66
T32	T33	385.7687425	-10.85
T33	T34	281.9114998	11.23
T34	T35	355.8404994	2.78
T35	T36	355.9259394	5.24
T36	T37(EM2)	328.4211078	3.85
T37(EM2)	T38	392.8140579	13.62

Tabla 5. Distancia entre apoyos, diferencia de altitud

6.1.4. PENDIENTE MEDIA ENTRE APOYOS

Aprovechando las líneas de código anteriores de distancia entre apoyos y diferencia de altitud podemos calcular la pendiente media entre apoyos de la siguiente manera:

```
from math import sqrt
import itertools
altitud=[]
for feature in Apoyos.getFeatures():
    altura=feature.attributes()[3]
    altitud.append(altura)
postes=[]
for feature in Apoyos.getFeatures():
    numero=feature.attributes()[0]
    postes.append(str(numero))
features = Apoyos.getFeatures()
points = [feature.geometry().asPoint() for feature in features]
n=len(points)
list=range(n)
for i,j in itertools.combinations(list, 2):
    if ji+1:
        continue
    distancia=sqrt(points[i].sqrDist(points[j]))
    di_altitud=altitud[i]-altitud[j]
    pendiente=di_altitud*100/distancia
    print postes[i], postes[j], pendiente
```

El resultado en la consola de Python es el siguiente:

```
Consola de Python
207 T1 T2 0.278135301683
208 T2 T3 12.4114919511
209 T3 T4 6.62027898175
210 T4 T5 2.08710485344
211 T5 T6 5.21210606178
212 T6 T7 4.72511612277
213 T7 T8 3.70116801422
214 T8 T9 0.980874213129
215 T9 T10 1.53577906439
216 T10 T11 4.09303996324
217 T11 T12 2.26010740286
218 T12 T13 1.58529467216
219 T13 T14 1.96711235601
220 T14 T15 0.827538957749
221 T15 T16 1.38114890084
222 T16 T17 0.382047628197
223 T17 T18 3.82873377623
224 T18 T19 -0.767926885508
225 T19 T20 2.49316827798
226 T20 T21 0.460622109284
227 T21 T22 1.16336972398
228 T22 T23 1.91806805931
229 T23 T24 0.0862388551726
230 T24 T25 8.30388240948
231 T25 T26 8.6817825043
232 T26 T27 -11.3787034756
233 T27 T28 -4.77271147969
234 T28 T29 -0.369267423391
```

Figura 20. Pendiente media

En la siguiente tabla podemos ver un extracto de la tabla completa que tenemos en una hoja de Excel:

Apoyos	Apoyos	Distancia (m)	Diferencia altitud (m)	Pendiente Media (%)
T1	T2	266.057561	0.74	0.278135302
T2	T3	431.8578315	53.6	12.41149195
T3	T4	377.1744373	24.97	6.620278982
T4	T5	376.1191004	7.85	2.087104853
T5	T6	387.3674051	20.19	5.212106062
T6	T7	262.0041429	12.38	4.725116123
T7	T8	294.2314415	10.89	3.701168014
T8	T9	375.1755272	3.68	0.980874213
T9	T10	410.86639	6.31	1.535779064
T10	T11	267.7716342	10.96	4.093039963
T11	T12	317.2415608	7.17	2.260107403
T12	T13	312.8755863	4.96	1.585294672
T13	T14(EM1)	374.1524971	7.36	1.967112356
T14(EM1)	T15	432.6080321	3.58	0.827538958
T15	T16	432.9728675	5.98	1.381148901
T16	T17	342.8891854	1.31	0.382047628
T17	T18	334.8365478	12.82	3.828733776
T18	T19	365.9202527	-2.81	-0.767926886
T19	T20	341.3327562	8.51	2.493168278
T20	T21	349.5272953	1.61	0.460622109
T21	T22	337.8117824	3.93	1.163369724
T22	T23	317.5069816	6.09	1.918068059
T23	T24	173.9355186	0.15	0.086238855
T24	T25	237.2384269	19.7	8.303882409
T25	T26	364.2109208	31.62	8.681782504
T26	T27	236.3186637	-26.89	-11.37870348
T27	T28	320.9915384	-15.32	-4.77271148
T28	T29	306.0112884	-1.13	-0.369267423
T29	T30	253.783266	4.65	1.832272109
T30	T31	309.867051	-3.89	-1.2553771
T31	T32	275.410016	3.66	1.328927703
T32	T33	385.7687425	-10.85	-2.812565873
T33	T34	281.9114998	11.23	3.983519653
T34	T35	355.8404994	2.78	0.781248904
T35	T36	355.9259394	5.24	1.472216385
T36	T37(EM2)	328.4211078	3.85	1.172275444
T37(EM2)	T38	392.8140579	13.62	3.467289351

Tabla 6. Distancia entre apoyos, diferencia de altitud, pendiente media

6.1.5. PERFIL TOPOGRAFICO DE LA LINEA

Para poder ver gráficamente el perfil de la línea QGIS dispone de varias herramientas (Profile Tool, Profile From Points, qProf). En este caso emplearemos qProf.

Para generar el perfil es necesaria la capa raster que ya tenemos cargada y crear una capa vectorial de tipo línea que recorra los apoyos como si fuera el conductor.

A la hora de generar el perfil, el plugin qProf nos permite generar un perfil de altitud y otro de pendientes.

Podemos ver el perfil en la siguiente figura:

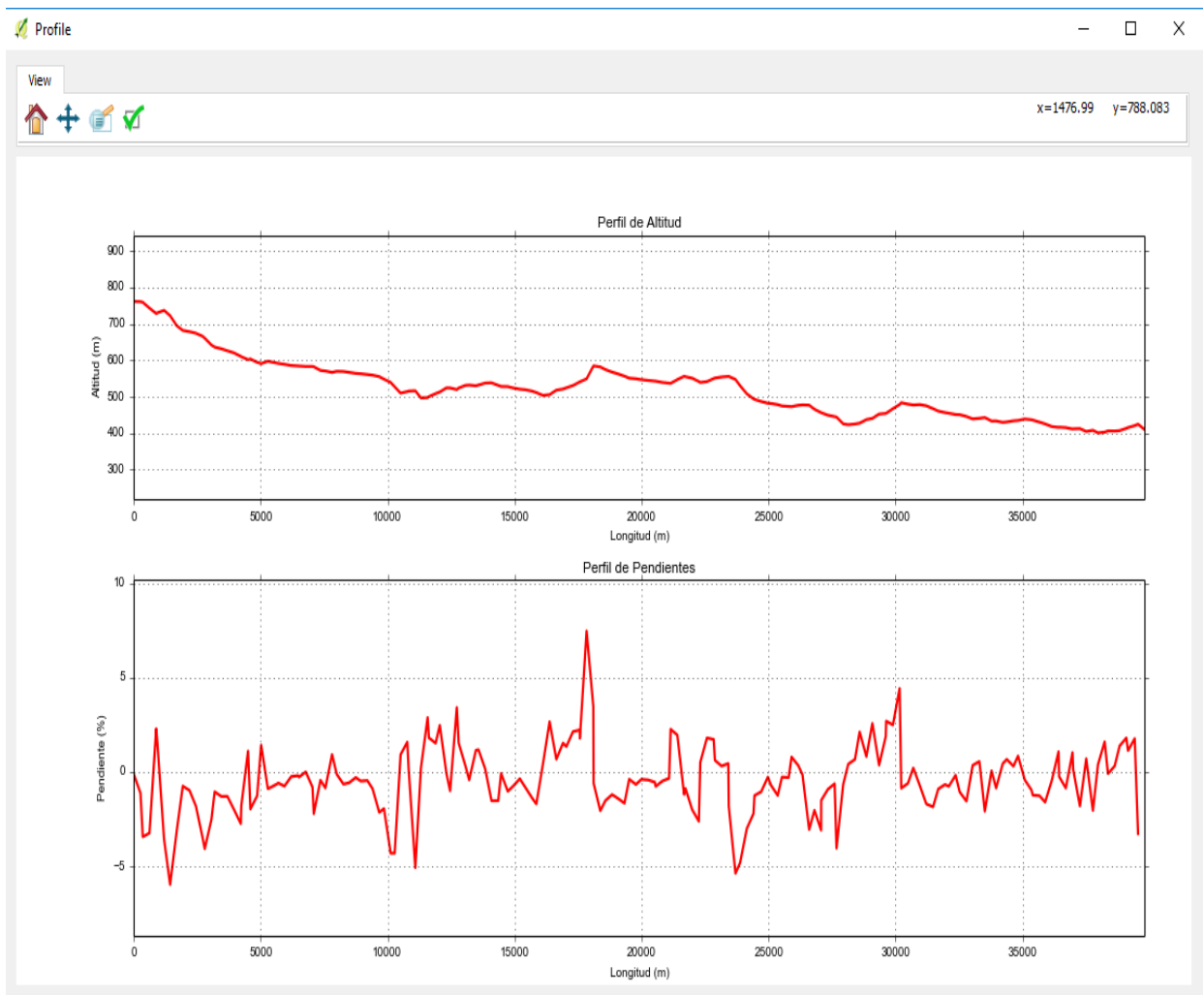


Figura 21. Perfil topográfico

6.2. RELIEVE DE LOS ALREDEDORES DE LA LINEA

Para hacer un estudio de la orografía de la zona QGIS dispone de una serie de herramientas para trabajar con capas de tipo raster de las que haremos uso a continuación. Seguiremos trabajando con la capa raster de Zaragoza, pero para centrarnos más en la zona de los apoyos recortaremos la capa con una herramienta llamada clipper. Esta herramienta permite cortar un archivo raster adecuándolo a nuestras necesidades manteniendo las propiedades del original (georeferenciación, resolución, etc...).

En la siguiente figura podemos ver la capa raster recortada, referida a la zona de apoyos y superpuesta a la capa raster original.

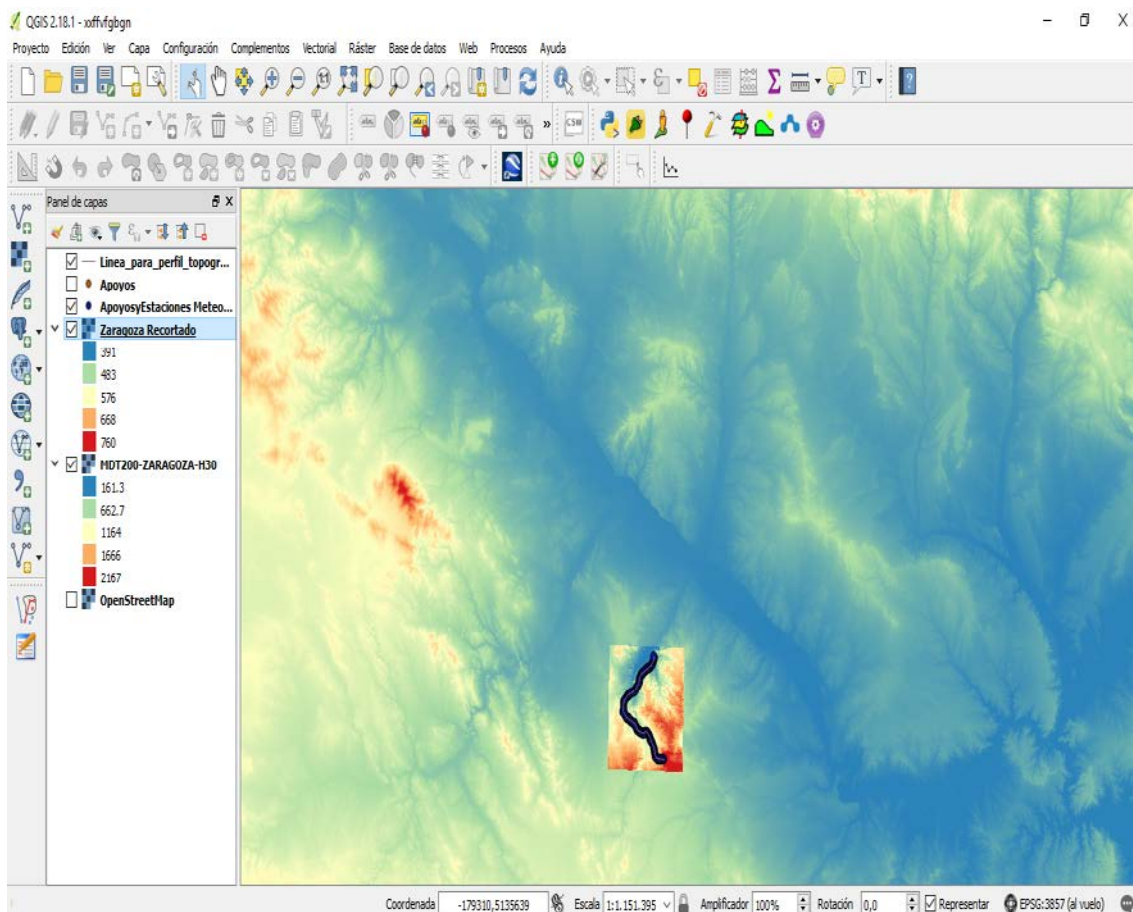


Figura 22. Capa raster recortada superpuesta a la original

Categorizamos el raster con la misma gama de colores que el anterior pero ahora el rango de altitudes ha variado. En la capa raster recortada podemos ver que el rango de altitudes de los pixeles varía desde 340 a 870 metros mientras que en la capa raster original iban desde 161,3 hasta 2167 metros.

QGIS nos permite ocultar capas, por tanto ocultamos la capa raster original y trabajaremos con la capa recortada.

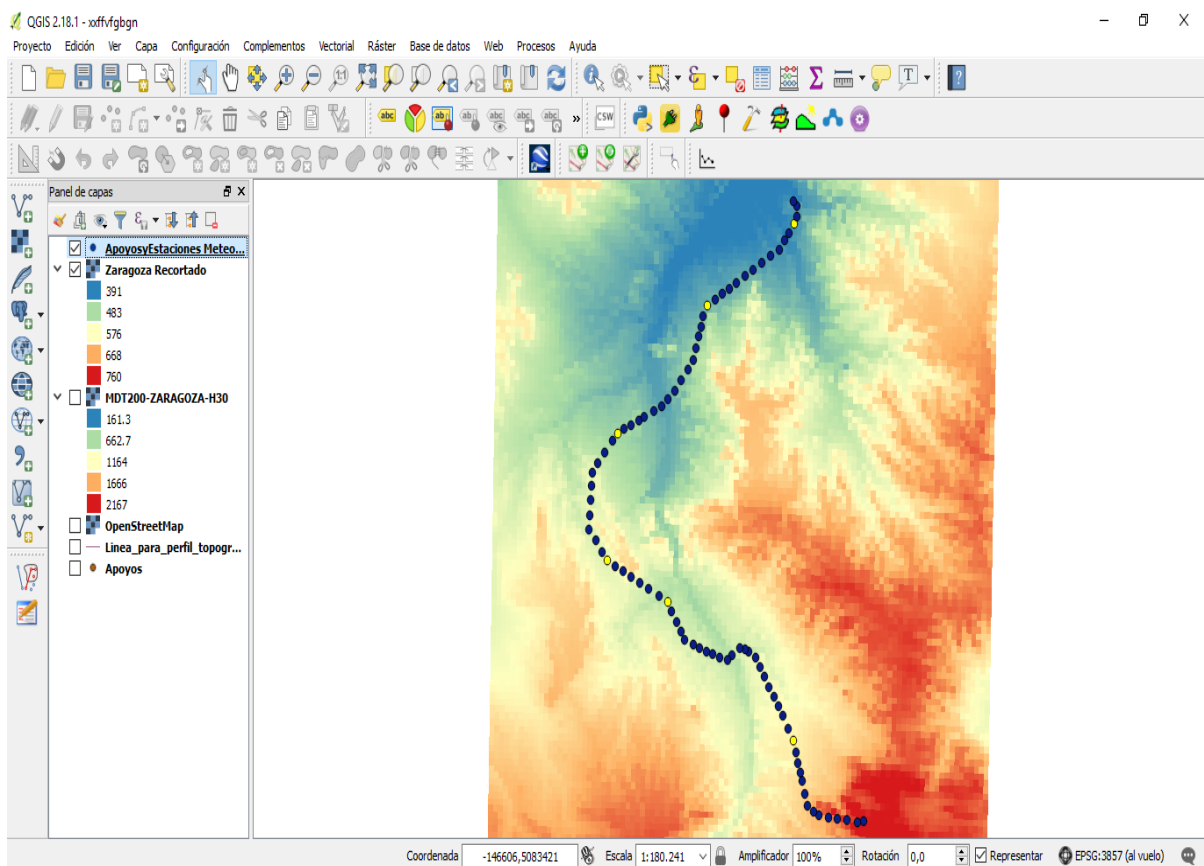


Figura 23. Capa raster recortada

Además para tener una idea más concreta del tipo de terreno en cuestión haremos una comparación con terrenos de los que conozcamos previamente su perfil.

6.2.1. MAPA DE PENDIENTES

Lo primero que vamos a crear es un mapa de pendientes de nuestra zona de apoyos. Esta herramienta calcula el ángulo de la pendiente de cada celda en grados. Para generar la capa de pendientes, así como para las siguientes que vamos a generar es necesario el complemento de QGIS análisis del terreno.

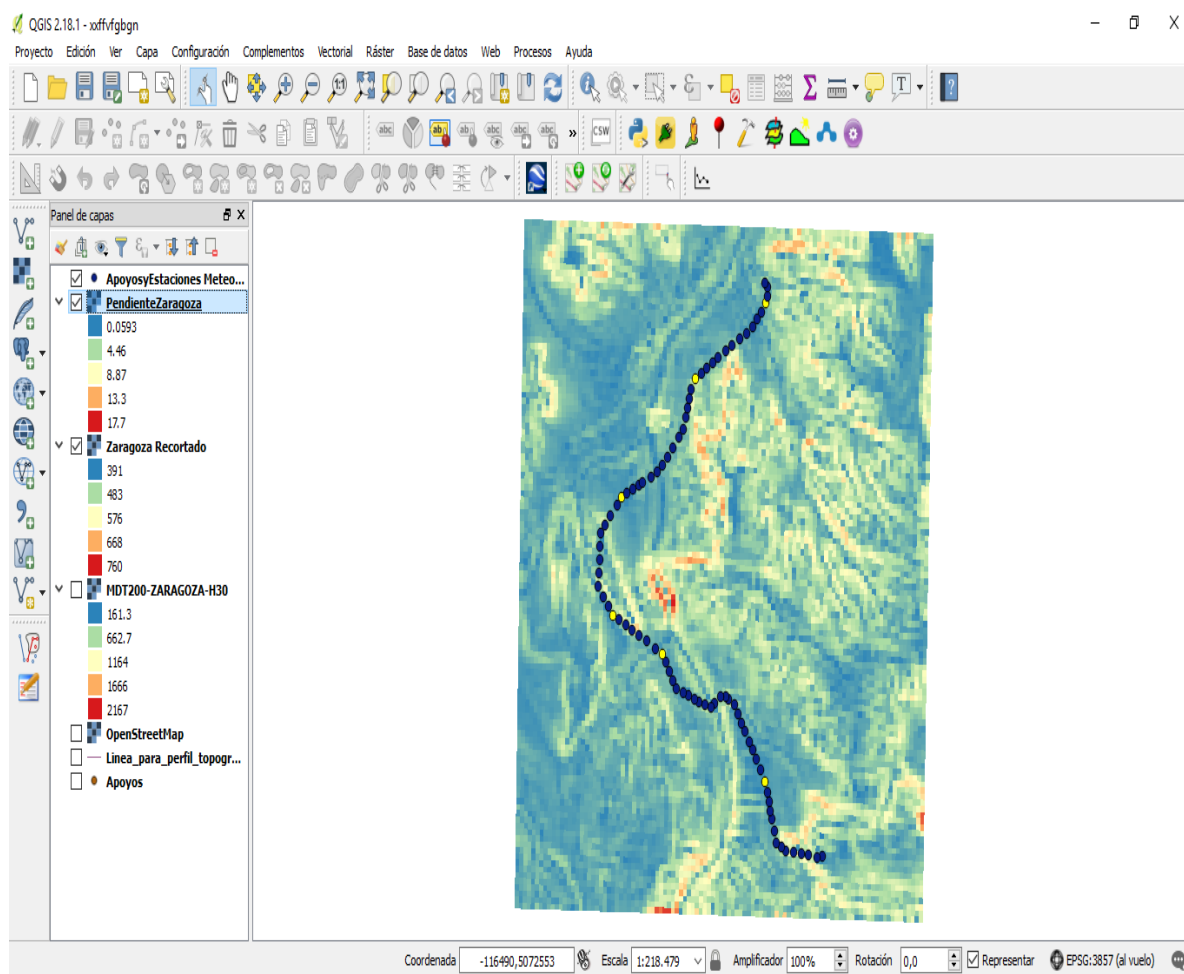


Figura 24. Capa raster de pendientes en la zona de apoyos

En la figura se ve que predominan los tonos azules y verdes que indican pendientes de entre un 0 y un 8 %, por lo que cada vez parece más evidente que el terreno no es demasiado abrupto.

6.2.2. MAPA DE SOMBRAS

Procediendo de la misma manera que en la generación de un mapa de pendientes, lo que logramos con un mapa de sombras (Hillshade) es crear un sombreado del relieve del raster original.

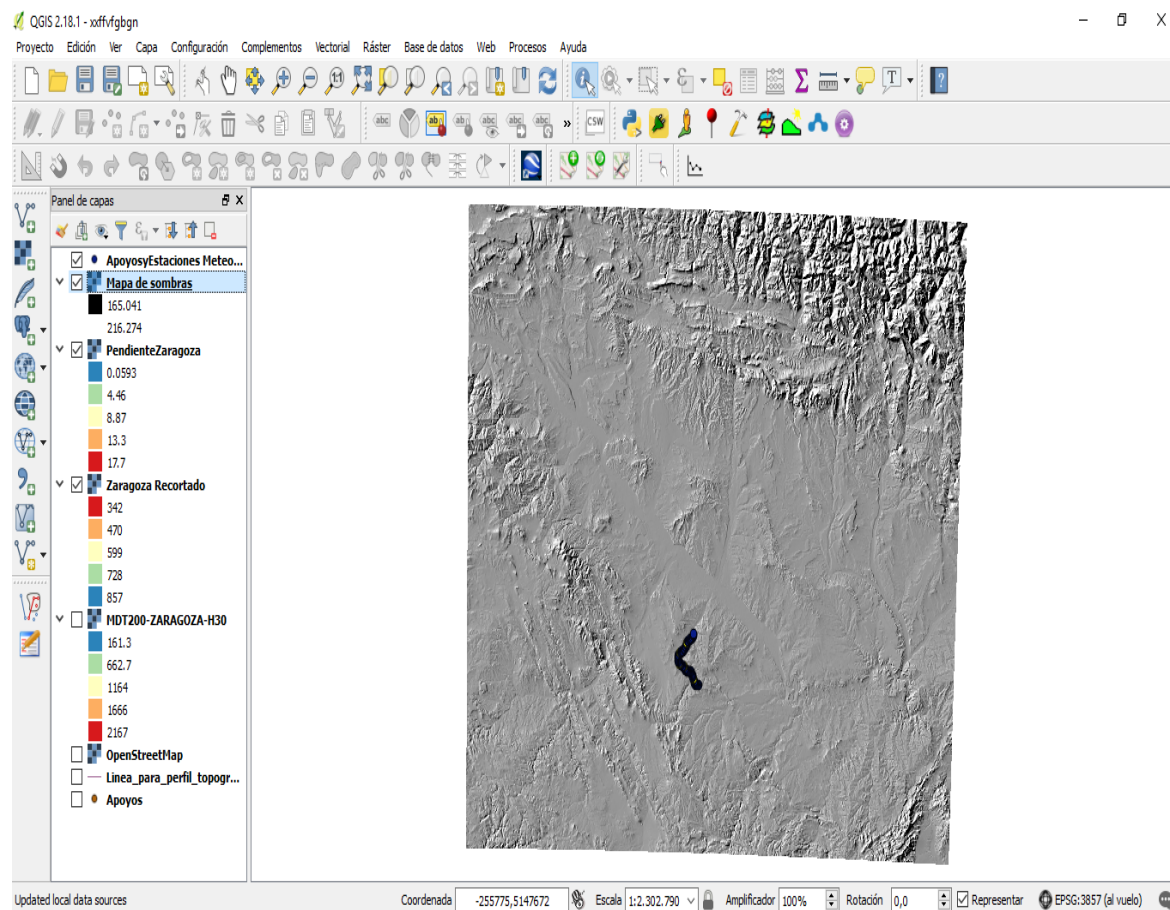


Figura 25. Mapa de sombras en la capa raster original

Una vez generado el mapa de sombras del raster original podemos comprobar que las celdas mayoritariamente rojas en el raster de altitud original son zonas montañosas, con un terreno más accidentado. Pero como hemos ido comprobando en este análisis del terreno y cómo vamos a ver en la siguiente figura en la zona de apoyos el mapa de sombras es prácticamente homogéneo, porque el terreno es bastante plano.

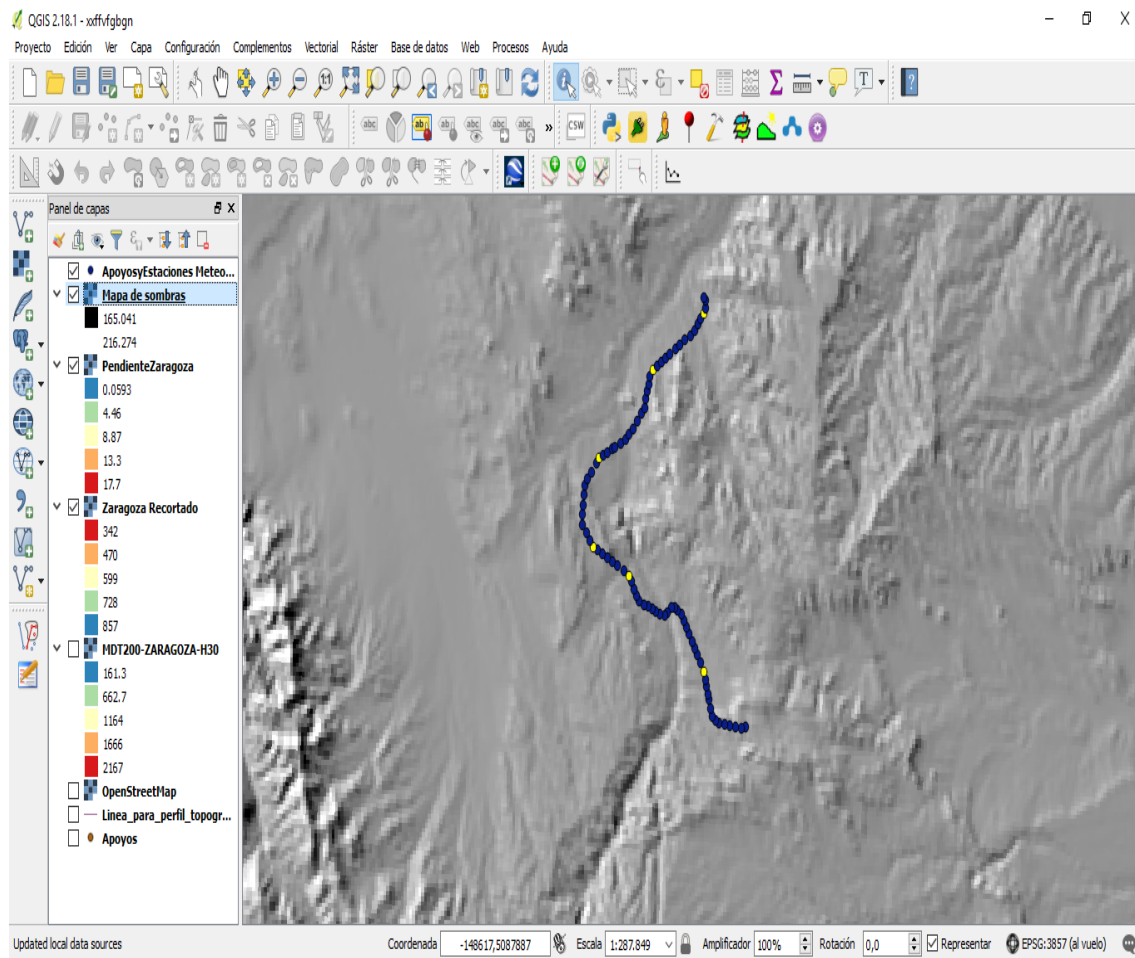


Figura 26. Mapa de sombras en la zona de apoyos

6.2.3. CURVAS DE NIVEL

Por último fuera del complemento de análisis del terreno, QGIS a partir del modelo digital del terreno nos permite generar curvas de nivel. Generamos curvas de nivel en intervalos de 15 metros.

Otra forma de analizar la pendiente es observando las curvas de nivel. Cuanto más próximas están las curvas de nivel más pronunciada es la pendiente.

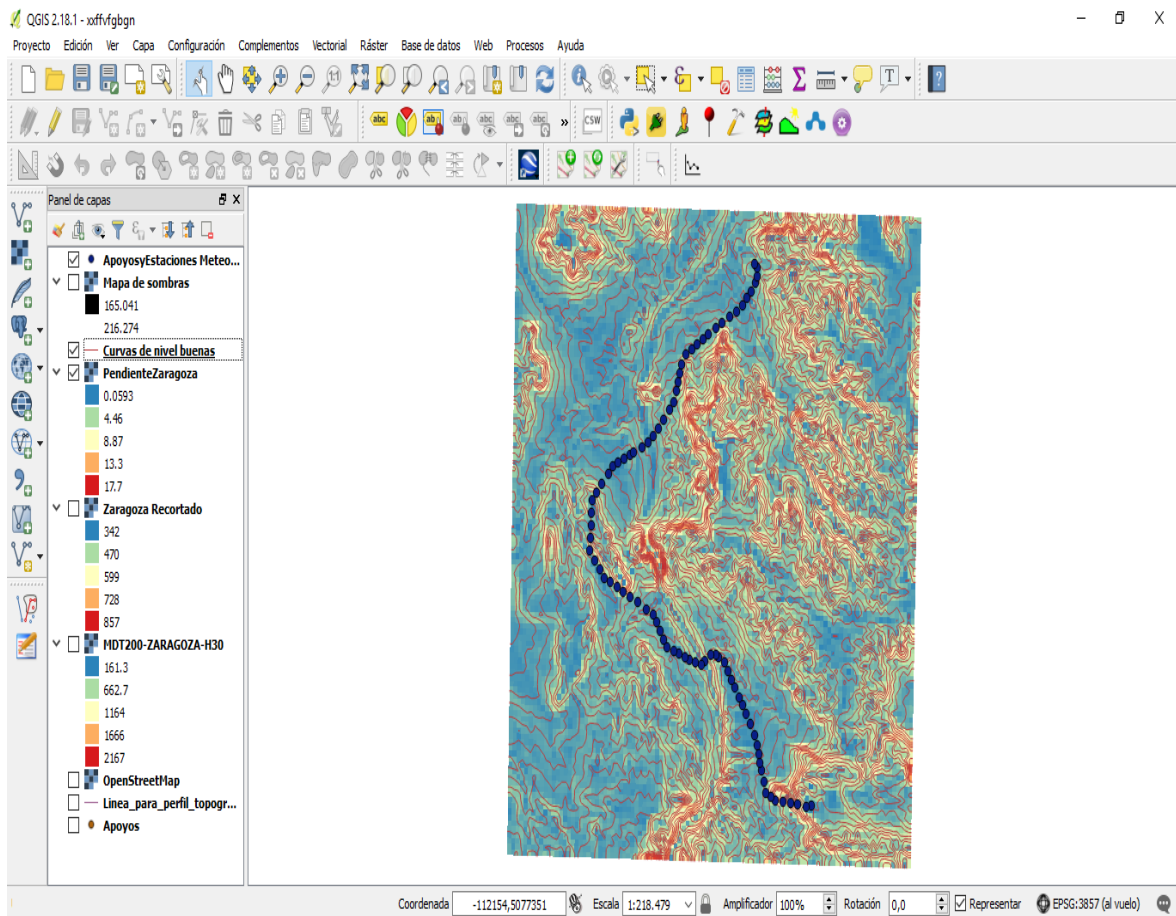


Figura 27. Curvas de nivel

6.3. ANALISIS COMPARATIVO

Para confirmar lo que hemos supuesto en la interfaz grafica (la zona de la línea y alrededores no tiene un perfil abrupto), haremos un análisis por comparación de los datos de pendiente que vamos a extraer de QGIS de nuestra zona de apoyos de Zaragoza y de otras dos zonas con un perfil conocido de antemano.

Las otras dos zonas de estudio van a ser una zona llana de Ciudad Real y otra montañosa de Granada de un tamaño equivalente al raster recortado de nuestra zona de apoyos.

Partiendo del mapa de pendientes que creamos de la línea y sus alrededores, QGIS nos permite exportar la coordenada central de cada pixel y su pendiente correspondiente.

Obtenemos una tabla como la siguiente:

(Coord. X, Coord. Y)	Pendiente
(656000, 4598200)	1.221084476
(656200, 4598200)	3.255253315
(656000, 4598200)	7.016306877
(656200, 4598200)	10.53246784
(656000, 4598200)	9.832339287
(656200, 4598200)	8.782035828
(656000, 4598200)	6.159788132
(656200, 4598200)	1.114551067
(656000, 4598200)	5.693936348
(656200, 4598200)	6.473173618
(656000, 4598200)	5.244901657
(656200, 4598200)	3.151691437
(656000, 4598200)	3.592250586
(656200, 4598200)	6.556029797
(656000, 4598200)	8.372660637

Tabla 7. Pendientes en zona de apoyos y alrededores

A continuación pasamos los datos a una hoja de Excel y realizamos un histograma para comprobar el tipo del terreno en base a la magnitud de las pendientes predominantes.

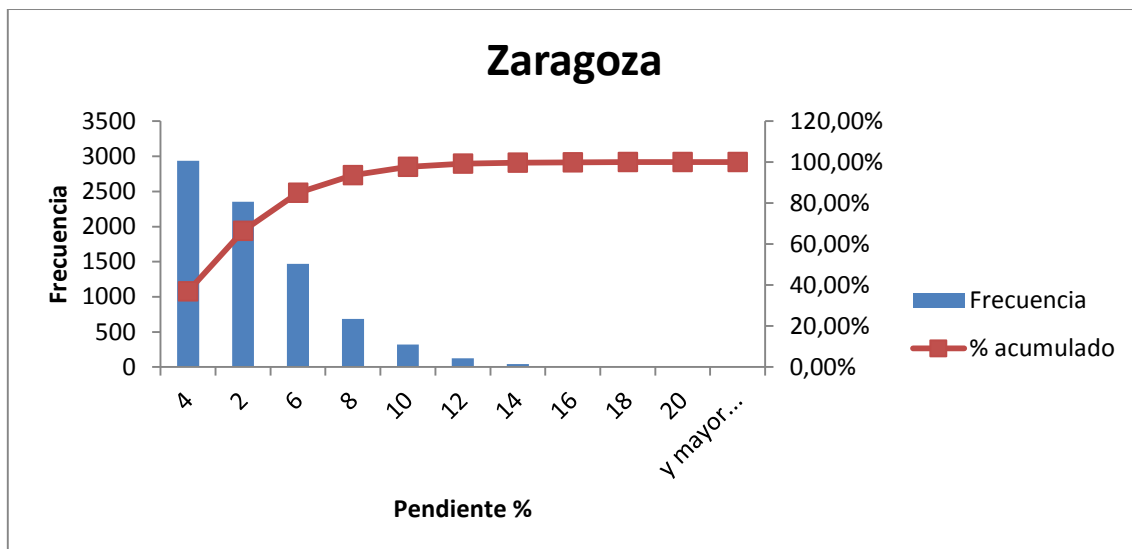


Figura 28. Histograma de pendientes de Zaragoza

Pendiente (%)	Frecuencia	% acumulado	Pendiente (%)	Frecuencia	% acumulado
2	2354	29.61%	4	2936	36.93%
4	2936	66.54%	2	2354	66.54%
6	1470	85.03%	6	1470	85.03%
8	687	93.67%	8	687	93.67%
10	320	97.70%	10	320	97.70%
12	124	99.26%	12	124	99.26%
14	41	99.77%	14	41	99.77%
16	12	99.92%	16	12	99.92%
18	5	99.99%	18	5	99.99%
20	1	100.00%	20	1	100.00%

Tabla 8. Histograma de pendientes de Zaragoza

Como se puede ver en el histograma la mayoría del terreno está comprendido entre pendientes de entre el 2% y el 6%. Estos datos refrendan la idea que teníamos acerca del relieve de la zona.

Para comprobarlo compararemos estos datos con los de dos áreas de terreno que previamente conozcamos. Una completamente llana y otra muy irregular.

En el primer caso, un área de terreno llana, escogemos una zona de Ciudad Real.

El análisis en ambos casos es similar al realizado para el área de nuestra línea. Primero extraemos las capas raster de las zonas de la web del CNIG.

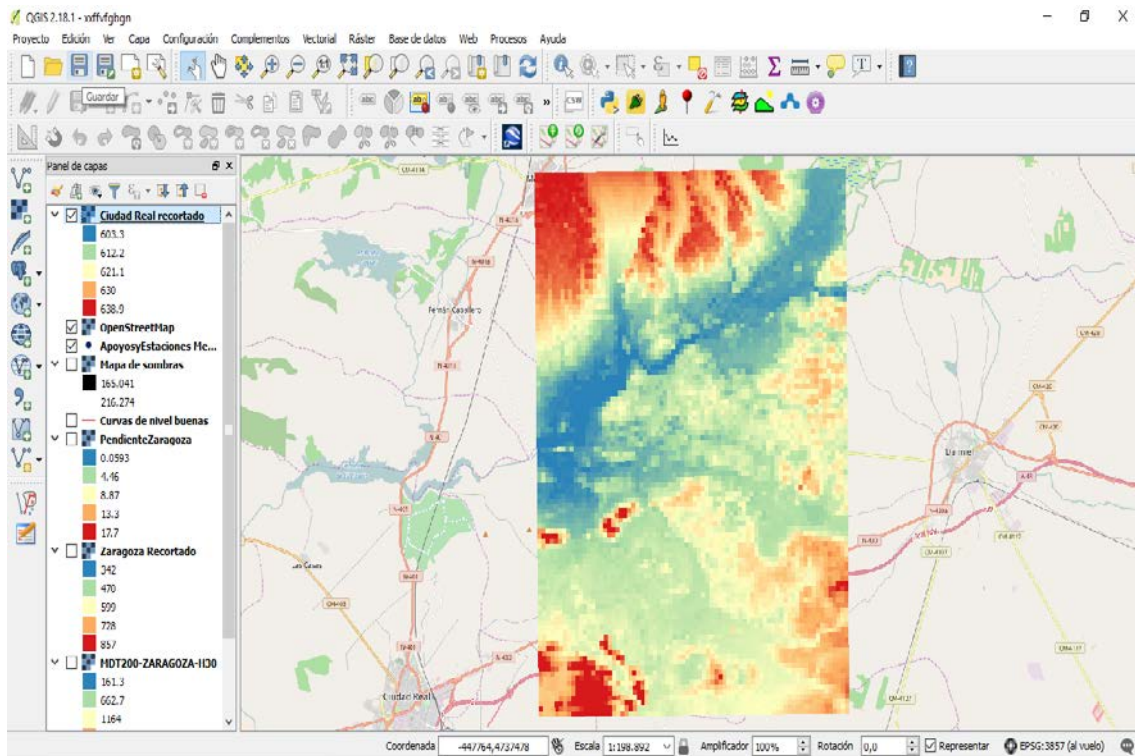


Figura 29. Capa raster de Ciudad Real

En la figura podemos ver la capa raster de Ciudad Real ya recortado adaptándole a un tamaño similar al de nuestra zona de apoyos, para trabajar con el mismo número de datos.

Hay únicamente una diferencia de 35 metros entre el pixel de mayor y el de menor altitud, por lo que sin análisis podemos asegurar que el relieve es totalmente llano.

Como procedimos en nuestro caso de estudio, lo siguiente es calcular las pendientes, exportarlas a un libro de Excel y realizar el análisis.

El histograma de esta zona resulta:

Pendiente (%)	Frecuencia	% acumulado	Pendiente (%)	Frecuencia	% acumulado
1	6660	83.77%	1	6660	83.77%
2	1045	96.92%	2	1045	96.92%
3	159	98.92%	3	159	98.92%
4	63	99.71%	4	63	99.71%
5	18	99.94%	5	18	99.94%
6	4	99.99%	6	4	99.99%
7	1	100.00%	7	1	100.00%

Tabla 9. Histograma de pendientes de Ciudad Real

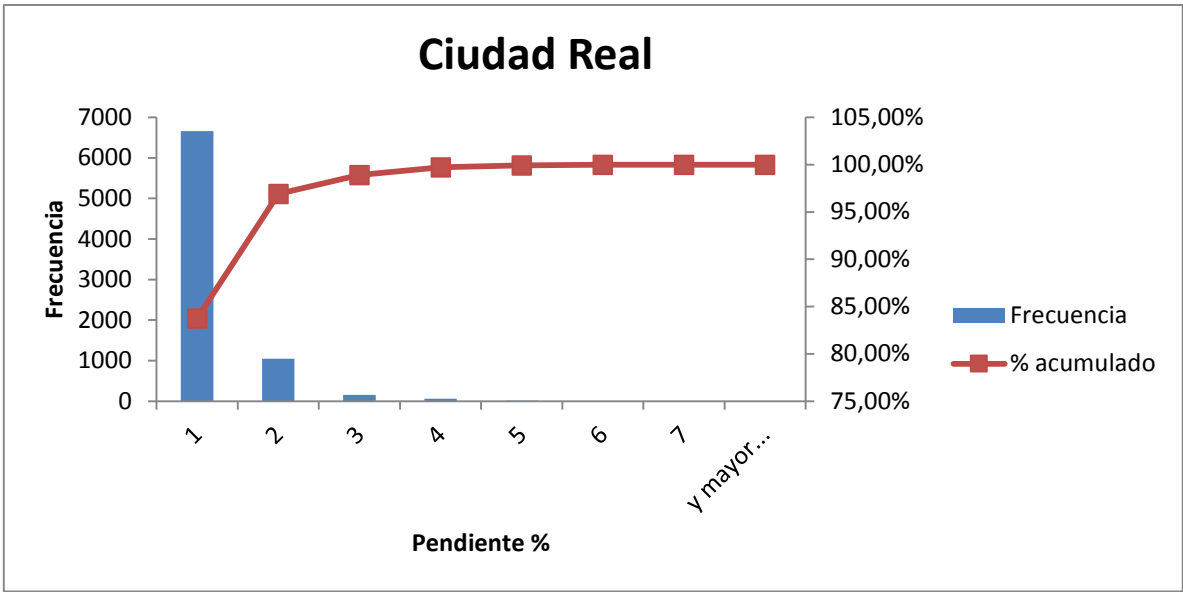


Figura 30. Histograma de pendientes de Ciudad Real

El resultado como sabíamos de antemano, es que el terreno tiene una pendiente media de entre un 1% y un 2%, lo que cabe esperar de un terreno completamente llano.

Por último estudiamos una zona montañosa situada en Sierra Nevada, Granada.

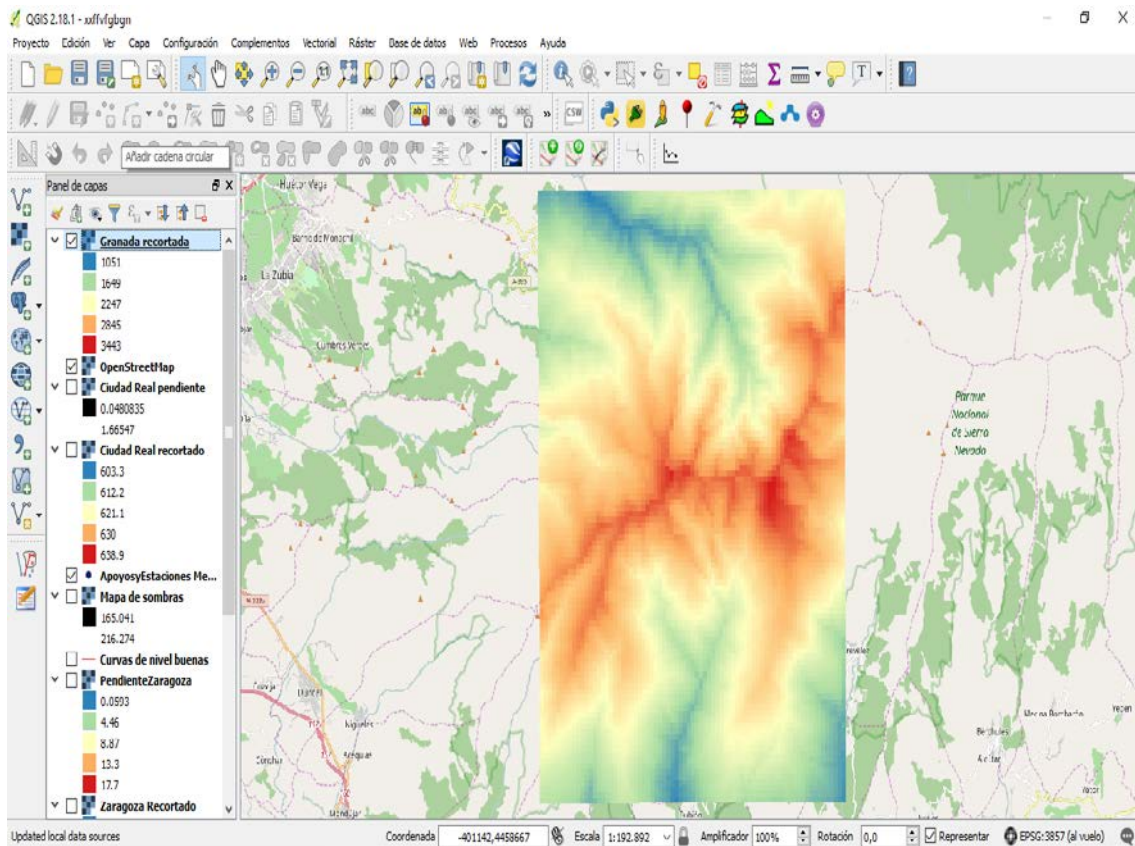


Figura 31. Capa raster de Ciudad Real

Como podemos ver en el panel de capas la diferencia de altitud máxima es de 2400 metros y una vez creado el mapa de pendientes podemos ver que el rango de pendientes va desde un 1 % hasta un 45 % a diferencia de lo que ocurría en Ciudad Real que variaba entre un 0 y un 2 %.

En el caso de Granada obtenemos los siguientes resultados:

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado
5	84	1.06%	20	2445	30.75%
10	368	5.69%	25	2079	56.91%
15	1506	24.63%	15	1506	75.85%
20	2445	55.38%	30	981	88.19%
25	2079	81.53%	35	375	92.91%
30	981	93.87%	10	368	97.53%
35	375	98.59%	40	90	98.67%
40	90	99.72%	5	84	99.72%
45	20	99.97%	45	20	99.97%
50	2	100.00%	50	2	100.00%

Tabla 10. Histograma de pendientes de Granada

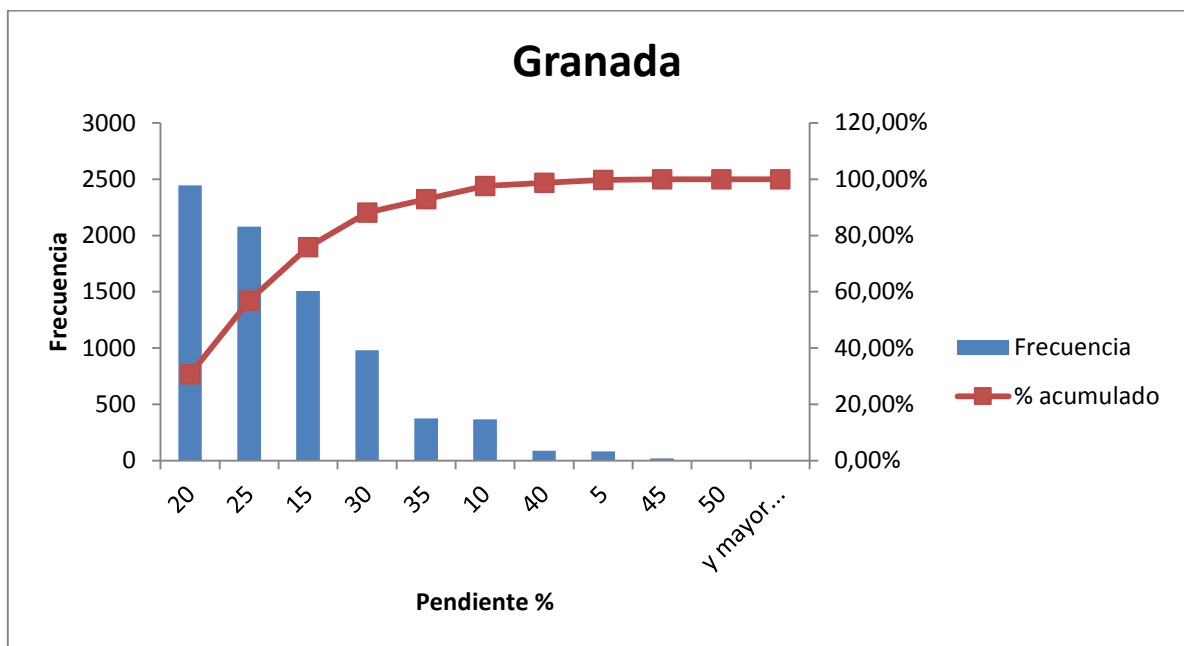


Figura 32. Histograma de pendientes de Granada

Como sabíamos antes de realizar el estudio se trata de un terreno muy irregular con una pendiente media de entre un 15% y un 25%.

Teniendo dos áreas de terreno ya predefinidos, si las comparamos con el terreno de nuestra línea podemos observar a cuál de las dos zonas se asemeja más nuestra zona de estudio.

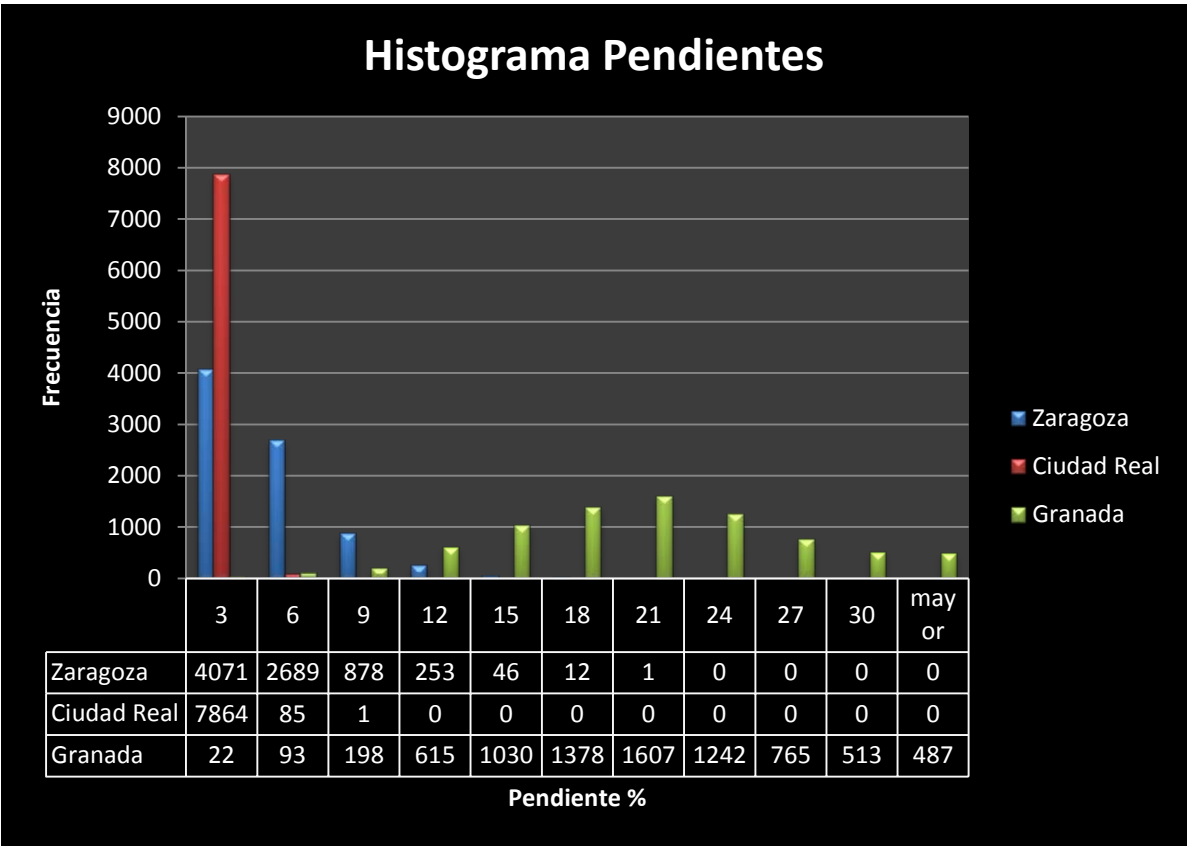


Figura 33. Histograma comparativo de las tres zonas

En el histograma vemos que comparativamente nuestro terreno se asemeja mucho más a la zona de Ciudad Real. El rango de pendientes más repetido en Zaragoza coincide con el rango de pendientes más repetido en Ciudad Real.

En base a este estudio cuando se realicen las simulaciones de viento en el software WindNinja no se esperan grandes variaciones de la velocidad del viento a lo largo de la línea, ya que WindNinja trata de determinar el efecto del terreno sobre el flujo del viento y el análisis del terreno indica que el terreno es bastante uniforme.

7. SIMULACION DE VIENTO

Una vez analizado el terreno procedemos con simulaciones de viento en la zona de la línea mediante el software WindNinja.

7.1. ARCHIVO DE ENTRADA DE ELEVACION

WindNinja necesita un archivo de elevación con información del terreno para simular el flujo de viento en el área específica. WindNinja admite varios formatos de archivos de elevación como:

- ASCII Raster (*.asc)
- Archivo de paisaje FARSITE (*.lcp)
- GeoTiff (*.tif)
- ERDAS IMAGINE (*.img)

WindNinja a su vez dispone de una herramienta integrada que permite descargar archivos de elevación para modelado de viento.

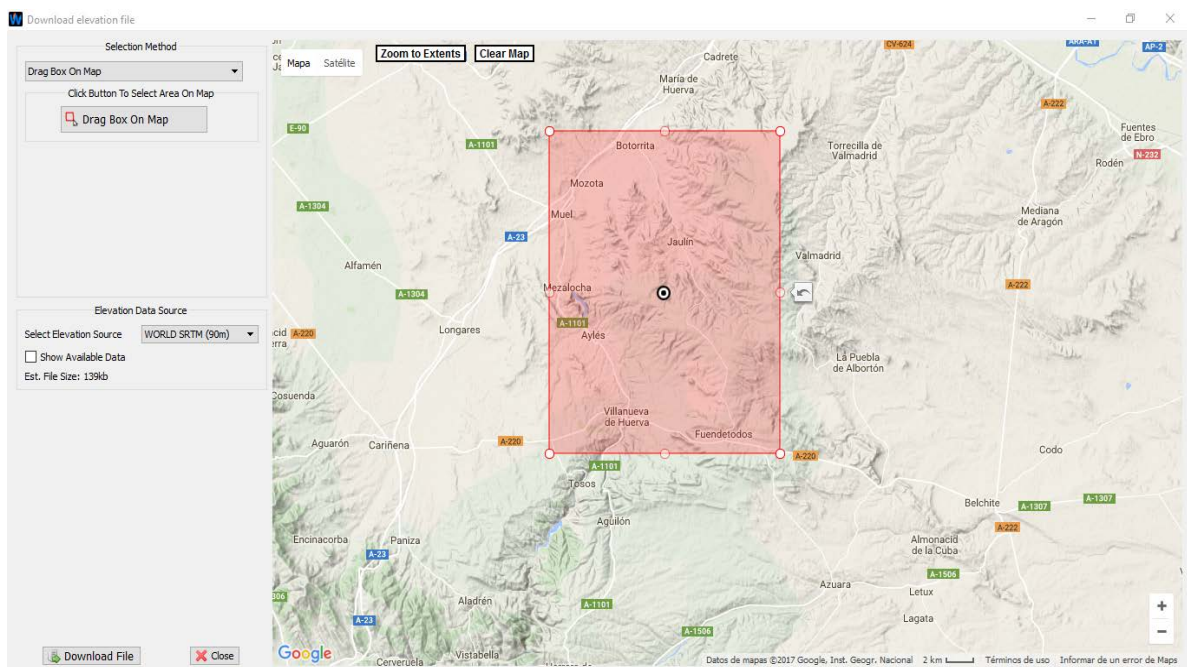


Figura 34. Descarga del archivo de elevación

Como vemos en la figura anterior, se abre una ventana grafica en la que aparece una pantalla de asignación interactiva para navegar hacia el área de simulación de viento deseada.

Una vez definida el área de descarga y seleccionado el origen de datos de elevación, en nuestro caso WORLD SRTM (90m) descargamos el archivo de elevación. El archivo descargado es un archivo geotiff (*.tif) con una proyección UTM y un sistema de coordenadas geográficas WGS84. El sistema de coordenadas del archivo de elevación es: WGS 84 / UTM zone 30N, EPSG: 32630.

7.2. CONSERVACION DE LA MASA

Una simulación de WindNinja con conservación de masa de aire puede realizarse únicamente introduciendo una velocidad o dirección de viento o se puede además tener en cuenta los vientos diurnos, lo que añade requisitos de entrada adicionales (fecha, hora, latitud / longitud, etc.) para calcular el ángulo solar en localizaciones a través del terreno. A continuación mostraremos una simulación básica y otra teniendo en cuenta los vientos diurnos y más adelante compararemos los resultados para ver si los efectos de los vientos diurnos son significativos en nuestro caso.

7.2.1. SIMULACION BASICA

Consideraremos una simulación básica si solo modificamos los parámetros de velocidad y dirección del viento. A continuación se explica el procedimiento para generar nuestra simulación:

1. En el menú surface input debemos introducir nuestro archivo de elevación, elegir la vegetación predominante (arboles en nuestro caso, maleza o hierba) y escoger una resolución de malla (fina 144 metros, media 203 metros, gruesa 321 o personalizada), que en nuestro caso será personalizada de 63 metros, que es igual a la malla fina en el caso de resolver conservando masa y momento.

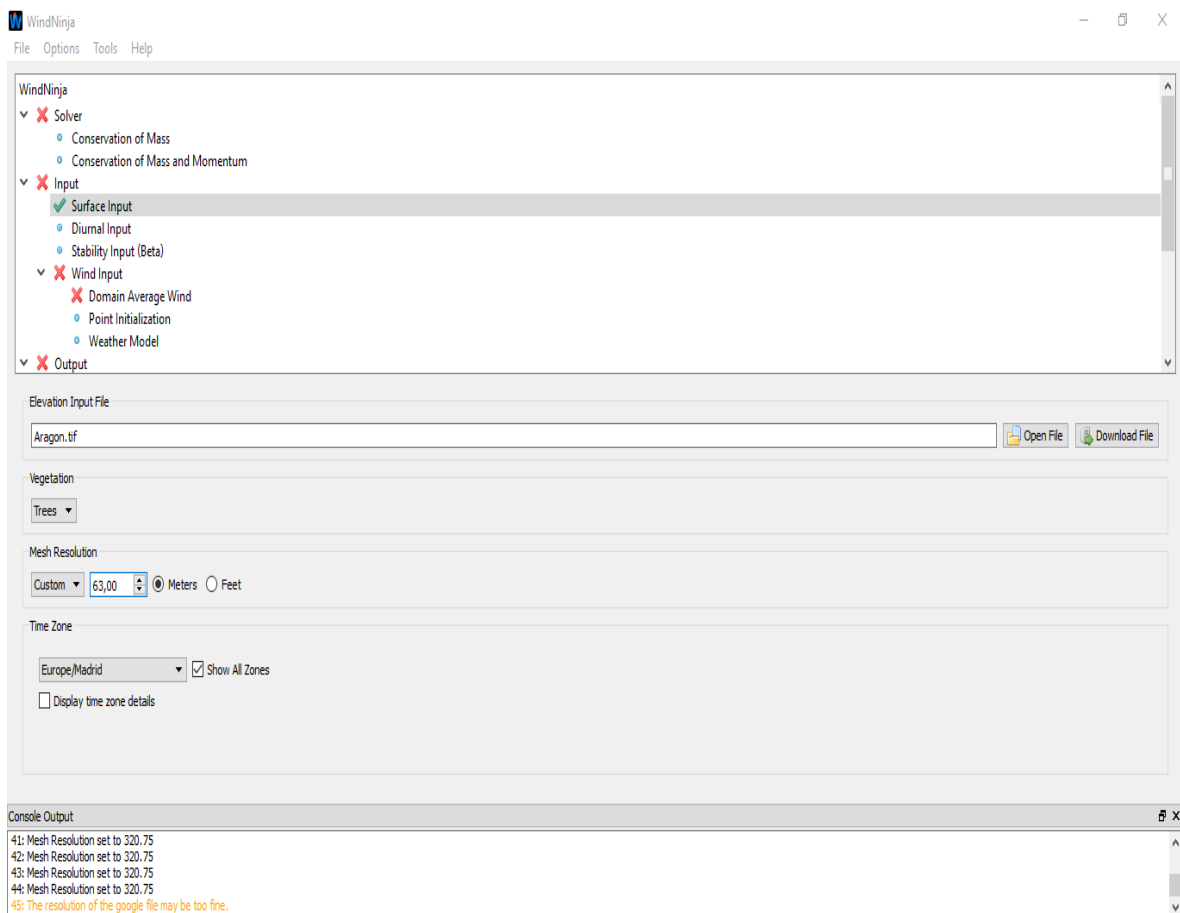


Figura 35. Menú Surface Input

2. En el menú Domain Average Wind es donde introduces las velocidades y direcciones de viento que quieres simular. Además debes especificar la altura de la velocidad y la dirección del viento en la pestaña Input Wind Height. Para esta altura, se utiliza el estándar meteorológico donde la altura del viento especificada es la altura por encima de la parte superior de la vegetación. En nuestro caso escogemos 10 metros. Se introducirá un viento de 15 km/h y dirección 0 grados.

La pestaña de dirección del viento se refiere a la dirección desde la cual sopla el viento. Puede ser expresada en grados a partir del norte geográfico.

Dirección	Grados
Norte	0
Este	90
Sur	180
Oeste	270

Tabla 11. Dirección del viento

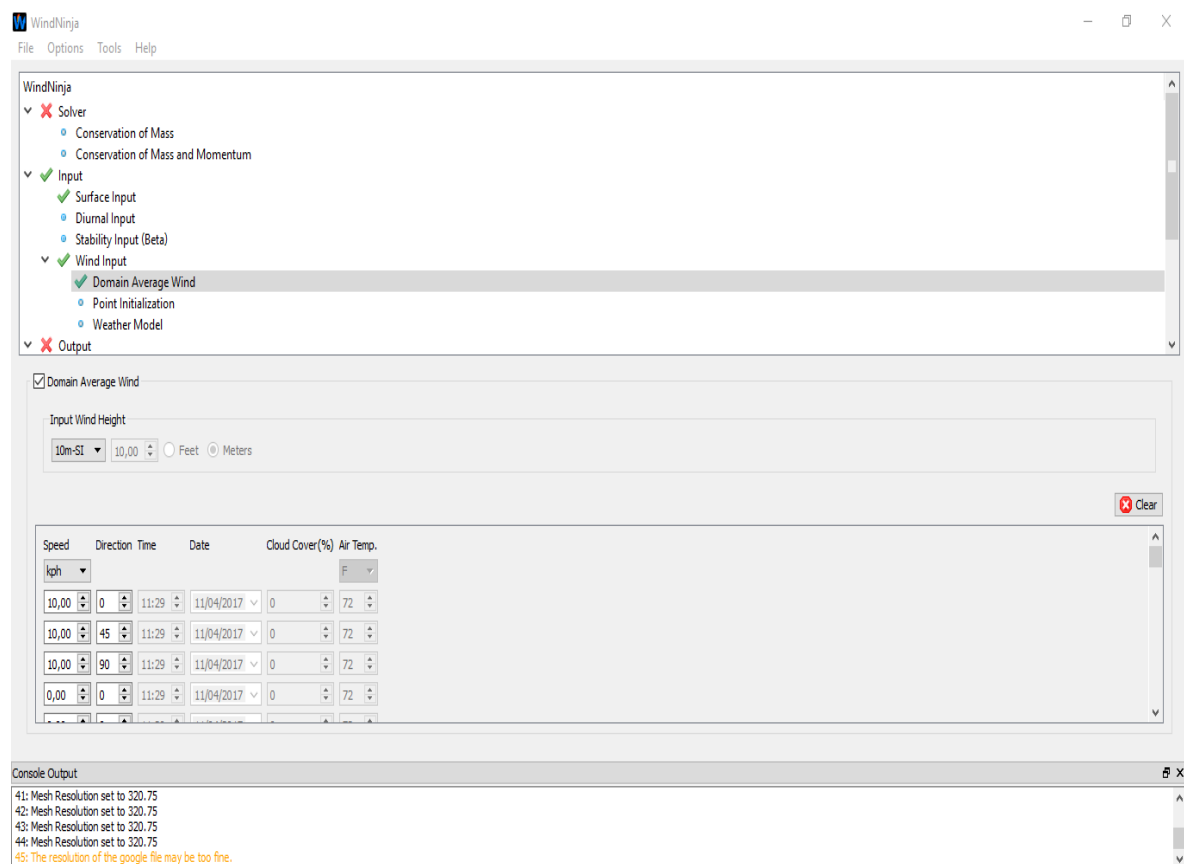


Figura 36. Menu Domain Average Wind

3. En el menú Output elegimos el formato en el que queremos obtener el archivo de salida. Para trabajar en QGIS necesitamos archivos en formato .shp pero en este caso también creamos una salida en formato .kmz para ver el resultado en Google Earth.

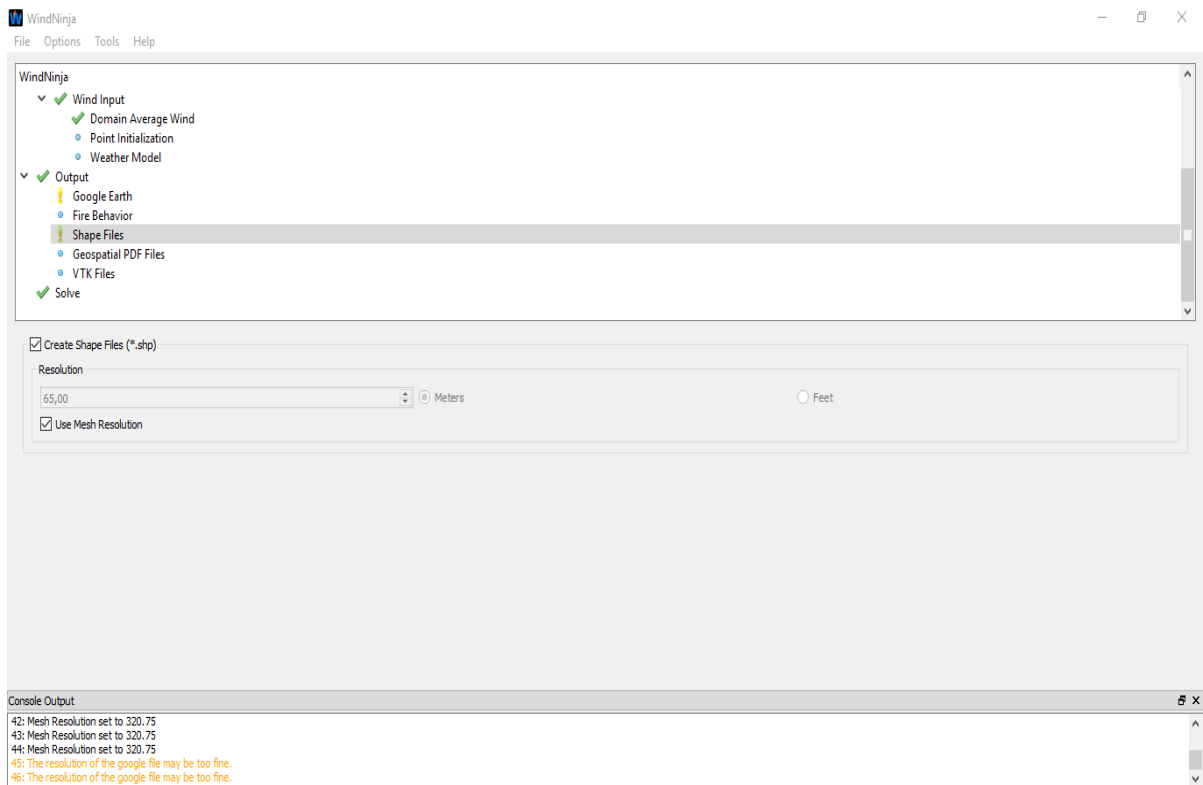


Figura 37. Menú Output

4. Por último en el menú Solve basta con pulsar en solve para generar nuestros archivos de salida.

A su vez para comparar resultados y ver cuál es la simulación más adecuada, teniendo en cuenta que una malla menor implica mayor tiempo de simulación y la necesidad de mayores recursos computacionales simularemos también un viento de 15 km/h y 0 grados de dirección con una malla de 143 y otra de 203 metros.

7.2.2. SIMULACION CON VIENTOS DIURNOS

Los vientos de pendiente diurna son causados por el calentamiento de las laderas de las montañas por la luz del sol diurna o el enfriamiento por la radiación nocturna. Esto calienta o enfría el aire adyacente a la pendiente, causando fuerzas de flotación que producen flujo hacia arriba o hacia abajo de la pendiente. Durante el día, la orientación de una pendiente hacia el sol puede afectar a su velocidad de calentamiento y, por tanto, a la fuerza del viento diurno. Otros factores que afectan la fuerza diurna del viento son la forma en que la energía solar es absorbida por la superficie del suelo y transferida al aire, la nubosidad del día y como de abrupta es la pendiente.

WindNinja incluye un modelo simple para simular los efectos de los vientos de pendiente diurna. Está diseñado para calcular vientos de pendiente de pequeña escala, pero no para vientos de valle de mayor escala. Los vientos de pendiente diurna tendrán algún efecto produciendo vientos del valle, pero será leve.

El uso del modelo de viento diurno en WindNinja añade requisitos de entrada adicionales. La mayoría de estos (fecha, hora, latitud / longitud, etc.) son el resultado de tener que calcular el ángulo solar en localizaciones a través del terreno.

Para simular el efecto de los vientos de pendiente diurna, el procedimiento es similar al llevado a cabo en una simulación básica, la única diferencia es que en el menú Domain Average Wind además de la velocidad y dirección del viento debemos introducir la hora, la fecha, el porcentaje de nubosidad y la temperatura del aire de cada simulación.

En este caso las simulaciones serán con viento de 15km/h y dirección 0 grados como en el caso anterior, manteniendo la misma hora de simulación (14:01) y una nubosidad en los tres casos de un 0 %, pero variando la temperatura del aire y la fecha. Se generan tres archivos de salida:

- El primero con fecha 15/01/17 y temperatura del aire de 0 °C.
- El segundo con fecha 15/04/17 y temperatura del aire de 15 °C.

- El tercero con fecha 15/07/17 y temperatura del aire de 30 °C.

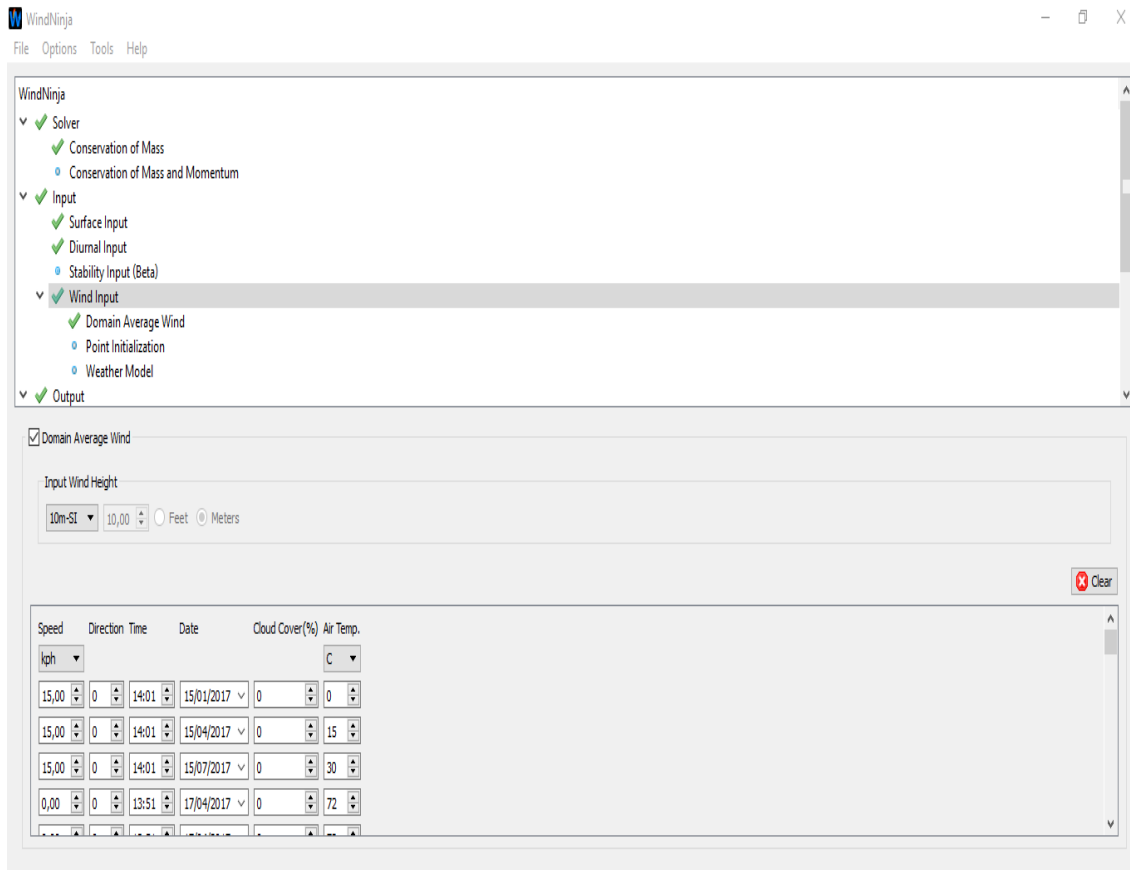


Figura 38. Simulación con vientos diurnos

7.3. CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS

Para generar las simulaciones con conservación de masa y momento los pasos a seguir son idénticos a los de conservación de masa. Únicamente se debe señalar conservación de masa y momentos en vez de conservación de masa en el menú solver.

El problema que presenta este tipo de simulación es que el tiempo de ejecución de cada archivo de salida es 60 veces superior al tiempo de ejecución de cada archivo de salida conservando únicamente la masa (en un caso pueden ser 30 segundos y en el otro 30 minutos).

7.3.1. SIMULACION BASICA

Partiendo una vez mas de una velocidad de viento de 15 km/h y dirección norte simularemos con mallas de 63, 80 y 101 metros. El tamaño de la malla provocara un aumento del tiempo de simulación. Al hacer la comparación de resultados entre estos tres casos, se podrá interpretar si conviene utilizar una malla pequeña o las diferencias entre estos casos no son lo suficientemente significativas.

7.3.2. SIMULACION CON VIENTOS DIURNOS

En este caso se simularan los tres mismos casos que en el caso de conservación de la masa.

Con viento de 15km/h y dirección 0 grados como en el caso anterior, manteniendo la misma hora de simulación (14:01) y una nubosidad en los tres casos de un 0 %, pero variando la temperatura del aire y la fecha.

- El primero caso con fecha 15/01/17 y temperatura del aire de 0 °C.
- El segundo caso con fecha 15/04/17 y temperatura del aire de 15 °C.
- El tercer caso con fecha 15/07/17 y temperatura del aire de 30 °C.

8. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS SIMULACIONES

Una vez generados los archivos de salida se procede a ver su representación grafica en Google Earth y QGIS.

Visualmente Google Earth resulta más estético porque permite visualizar capas de lugares, carreteras, edificios sin necesidad de descargarlos. Pero para el análisis del viento es necesario el uso de QGIS ya que Google Earth no dispone de las herramientas necesarias.

8.1. MAPA DE VIENTO EN GOOGLE EARTH

Una vez generado el archivo de salida para visualizar el resultado en Google Earth es basta con ejecutarle y directamente se ve el mapa de vientos sin necesidad de hacer modificaciones.

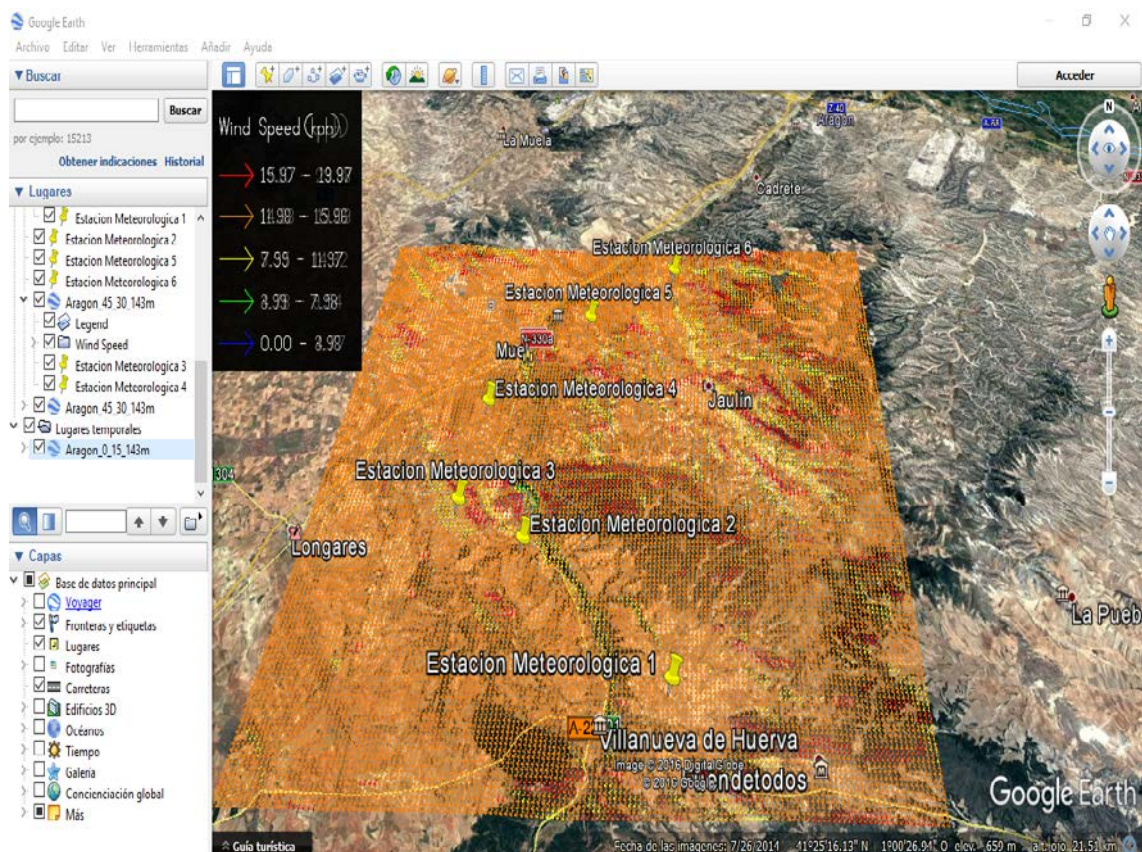


Figura 39. Mapa de viento de la zona de apoyos en Google Earth

En el menú de abajo a la izquierda están las capas que puedes añadir (en este caso fronteras y etiquetas, lugares y carreteras). Además puedes añadir marcadores de posición como en la figura (estaciones meteorológicas).

En la siguiente figura se hace zoom sobre la zona de estudio para ver correctamente las flechas que indican la dirección y velocidad del viento.

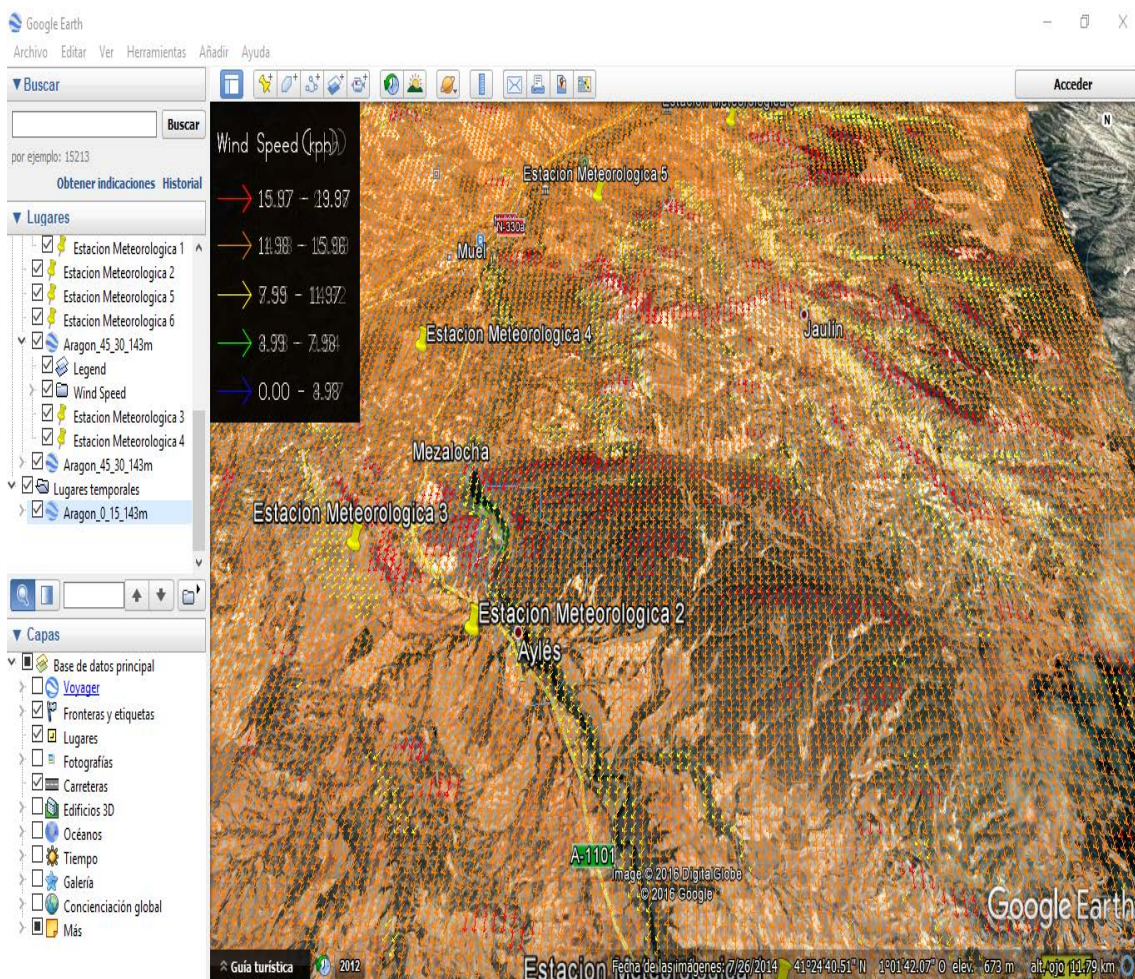


Figura 40. Mapa de viento ampliado de la zona de apoyos en Google Earth

En Google Earth la dirección del viento coincide con la dirección del viento expresada en la tabla 9. Es decir, en el ejemplo de la simulación (dirección 0 grados) las flechas apuntan hacia el sur.

8.2. MAPA DE VIENTO EN QGIS

En el caso de QGIS no basta con abrir el archivo .shp generado con WindNinja. El archivo de salida cargado en QGIS tiene la siguiente apariencia:

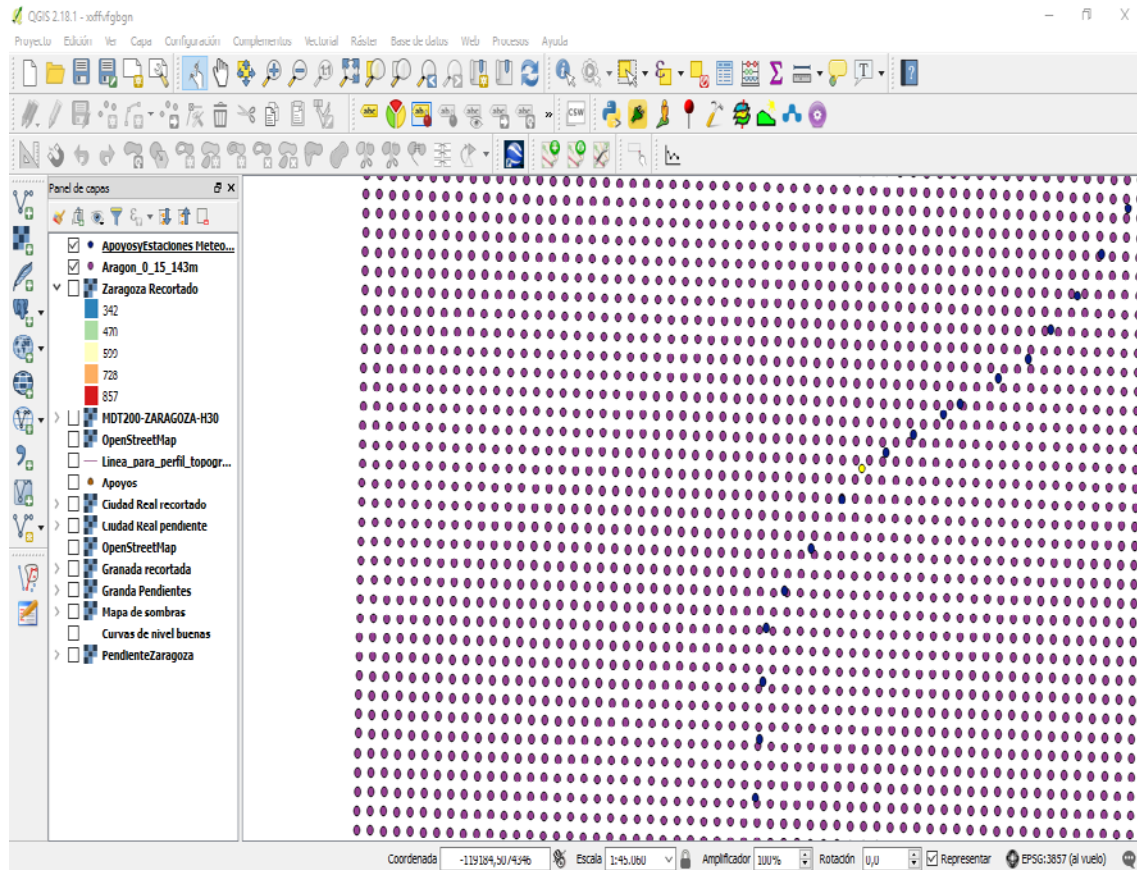
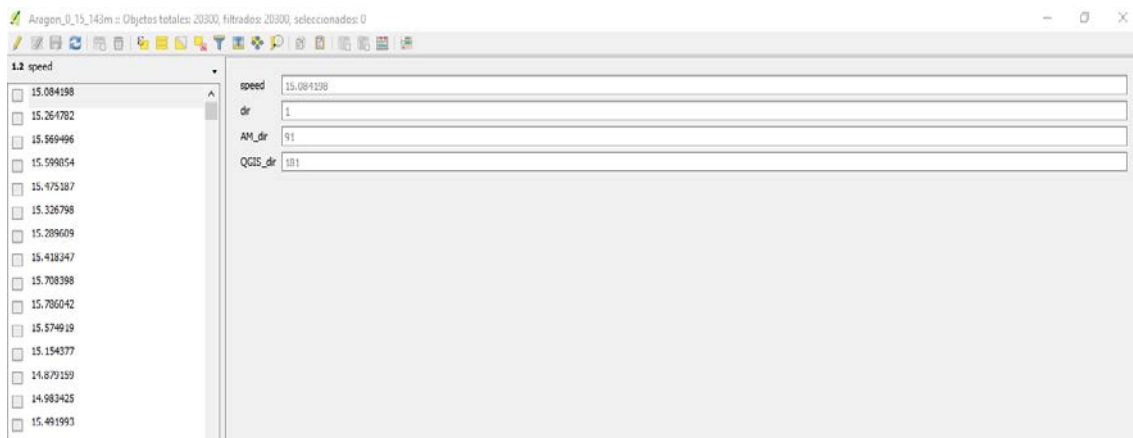


Figura 41. Mapa de viento de la zona de apoyos sin modificar en QGIS

Hay que variar el estilo de la capa cargada en QGIS para ver los puntos de la figura 29 como un mapa de viento real. Abriendo la tabla de atributos de esa capa de puntos podemos ver las características de cada punto (velocidad y dirección).



speed	dr	AM_dr	QGIS_dr
15.084198	1	91	101
15.264782	1	91	101
15.969496	1	91	101
15.599054	1	91	101
15.475187	1	91	101
15.126798	1	91	101
15.289609	1	91	101
15.418347	1	91	101
15.708398	1	91	101
15.706042	1	91	101
15.574919	1	91	101
15.154377	1	91	101
14.679159	1	91	101
14.983425	1	91	101
15.491993	1	91	101

Figura 42. Tabla de atributos

Clasificando los puntos según la velocidad del viento, cambiando los puntos por flechas y ordenando que esas flechas tengan la orientación que indica la tabla de atributos para cada punto obtenemos el mapa de viento en QGIS.

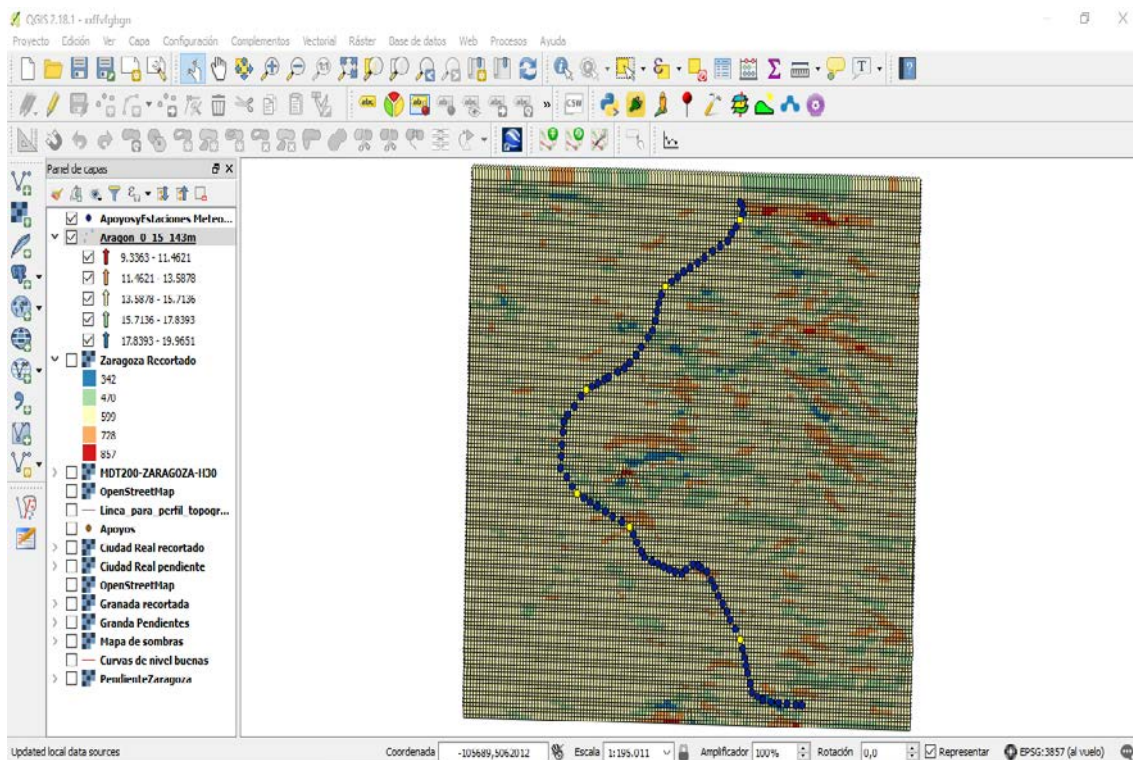


Figura 43. Mapa de viento de la zona de apoyos modificado en QGIS

Ampliando la imagen podemos ver las flechas y su orientación.

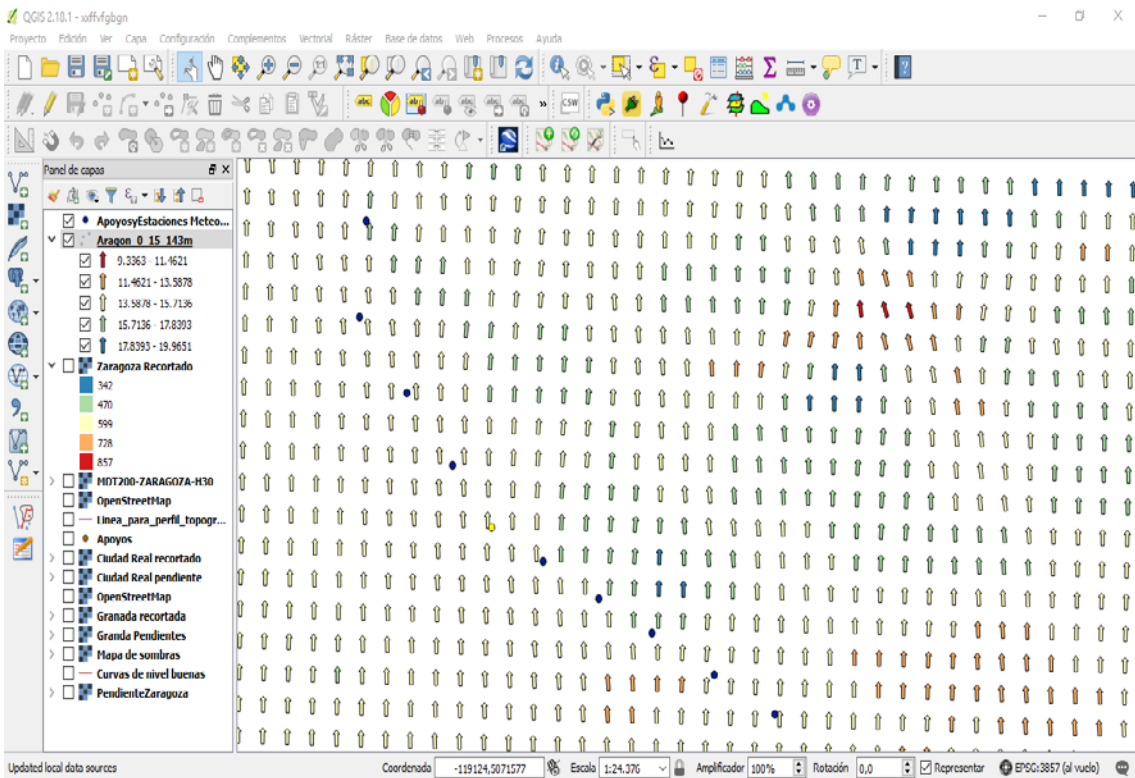


Figura 44. Mapa de viento de la zona de apoyos modificado y ampliado en QGIS

Como vemos figura del mapa de viento ampliada QGIS no emplea la misma orientación que Google Earth o la citada en la tabla 11, sino la contraria.

Dirección	Grados
Norte	180
Este	270
Sur	0
Oeste	90

Tabla 12. Dirección del viento QGIS

9. GENERACION MANUAL DE RESULTADOS

El mapa de viento en QGIS es referido a la zona de apoyos, comprende a los apoyos y a los alrededores de los apoyos. Lo que se pretende es centrarse únicamente en los apoyos, conocer el viento referido a cada uno. Una herramienta de análisis de QGIS llamada matriz de distancia permite asociar el punto del mapa de viento más próximo a cada apoyo. De esta manera determinamos que la velocidad y la dirección del viento en cada apoyo son las que indica la tabla de atributos de la flecha más próxima a este.

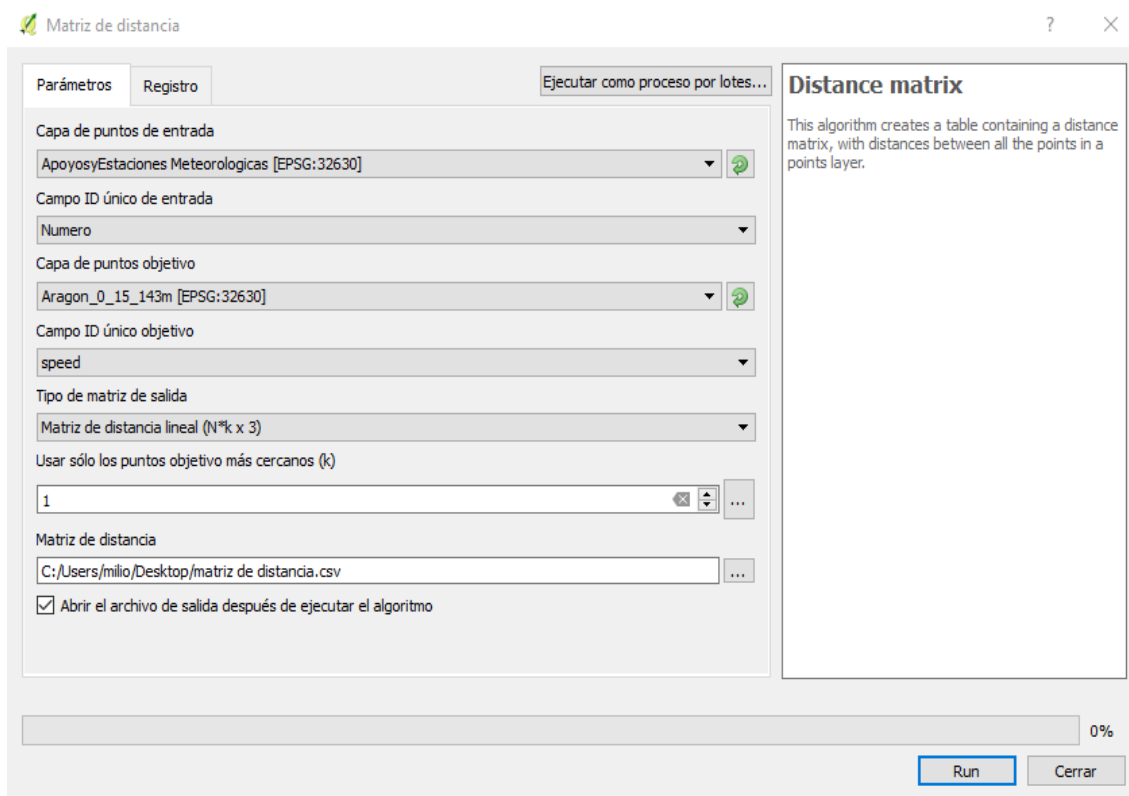


Figura 45. Matriz de distancias

Esta matriz de distancias te genera una capa que es básicamente una tabla de atributos y permite generar una tabla de Excel como la siguiente:

InputID	TargetID	Distance
T1	15.337201	55.119668
T2	14.989174	86.050871
T3	16.435993	62.437463
T4	18.112436	34.41077
T5	14.166776	62.384741
T6	15.711212	86.256475
T7	16.947353	69.503391
T8	15.497302	72.44685
T9	15.224838	46.759506
T10	14.449549	80.039075
T11	14.742812	67.975165
T12	14.275119	67.726081
T13	15.016605	60.037309
T14(EM1)	14.920297	34.663182
T15	14.759181	52.540759
T16	14.994452	67.929395
T17	14.553132	59.30472
T18	14.257038	33.27523
T19	15.446939	74.422519
T20	15.202847	69.333433

Tabla 13. Matriz de distancia

La primera columna contiene el nombre de cada apoyo, en la segunda columna aparece la velocidad del viento y en la tercera la distancia entre el punto (flecha de viento) y el apoyo más cercano.

Por tanto en esta tabla se obtiene la velocidad del viento en cada apoyo. La tercera columna es innecesaria.

Una vez obtenida la velocidad de viento en cada apoyo lo único que hay que variar es la segunda columna (TargetID), en vez de pedir el dato de velocidad hay que pedir el de dirección.

10. COMPARACION DE SIMULACIONES

Como se comento anteriormente WindNinja tiene varias opciones de simulación. A continuación se verá si las diferencias entre unos tipos de simulación y otros son suficientemente significativos como para optar por simulaciones más complejas o si por el contrario no es conveniente dado que las diferencias son mínimas.

10.1. CONSERVACION DE LA MASA

En el caso de conservación de la masa se comprobara si es conveniente utilizar una malla pequeña o si utilizando una malla mayor (menor tiempo de simulación) los resultados son similares. También se comprobara si utilizar la opción de vientos diurnos afecta al resultado.

10.1.1. COMPARACION EN FUNCION DEL GROSOR DE LA MALLA

Como se dijo anteriormente en el caso de conservación de la masa se simulo el viento para mallas de 63, 143 y 203 metros.

En caso de conservar únicamente la masa las diferencias en el tiempo de simulación en función de la malla no van a ser importantes pero debemos comprobar si los resultados si varían lo suficiente como para tenerlas en cuenta.

Procediendo como se indico en la generación de resultados para las simulaciones de viento de 15 km/h y dirección 0 grados, obtenemos la siguiente tabla:

Apoyos	Velocidad Viento (km/h)		
	Malla 63 m	Malla 143 m	Malla 203 m
T1	15.119533	15.337201	15.863854
T2	14.533795	14.989174	15.912254
T3	17.842896	16.435993	15.72109
T4	16.276036	18.112436	17.36677
T5	13.665311	14.166776	15.68648
T6	13.720189	15.711212	15.418261
T7	15.614268	16.947353	16.134228
T8	15.230276	15.497302	15.522387
T9	15.247438	15.224838	15.298173
T10	14.791916	14.449549	14.853439
T11	14.901103	14.742812	14.576893
T12	13.743878	14.275119	14.68966
T13	15.07746	15.016605	15.05373

Tabla 14. Velocidad del viento en función de la malla

Analizando estos datos obtenemos lo siguiente:

- La máxima diferencia de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 63 y 143 metros es de 2.020165 km/h
- La diferencia media de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 63 y 143 metros es de 0.19471505 km/h
- La máxima diferencia de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 63 y 203 metros es de 2.121806 km/h
- La diferencia media de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 63 y 203 metros es de 0.2785496 km/h
- La máxima diferencia de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 143 y 203 metros es de 1.519704 km/h
- La diferencia media de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 143 y 203 metros es de 0.23016835 km/h

La diferencia máxima es de 2 km/h, es una diferencia significativa ya que las máximas diferencias de velocidad de viento entre todos apoyos a lo largo de la línea en las mallas de 63, 143 y 203 metros son de 6.24, 5.24 y 4.02 km/h respectivamente.

Pero dada la forma de asignar la velocidad de viento en cada apoyo mediante la matriz de distancias, el tipo de malla genera una distribución de puntos (flechas de viento) que puede producir estas diferencias puntuales.

Es más importante el dato de la diferencia media de velocidad de viento en el conjunto de la línea y una diferencia media de 0.2 km/h nos indica que el tipo de malla elegida no será determinante en los resultados.

10.1.2. DIFERENCIAS CON VIENTOS DIURNOS

A continuación se estudiara si el efecto de los vientos diurnos modifica de manera significativa los resultados de una simulación básica o si por el contrario se puede prescindir de esta opción en las simulaciones.

En la siguiente tabla veremos los resultados de las simulaciones efectuadas anteriormente. Para distinguir cada simulación utilizamos la siguiente expresión:

**Nombre archivo de elevacion_direccion viento_velocidad viento_Tª
aire_fecha_hora_tipo malla_conservacion masa**

Apoyo	Velocidad Viento (km/h)		
	Aragon_0_15_0°_01-15-2017_1401_63m_Mass	Aragon_0_15_15°_04-15-2017_1401_63m_Mass	Aragon_0_15_30°_04-15-2017_1401_63m_Mass
T1	14.918136	14.875791	14.868584
T2	14.390515	14.368445	14.364946
T3	17.336868	17.283104	17.277144
T4	16.445411	16.359849	16.350749
T5	13.891699	13.820593	13.808206
T6	13.841319	13.828429	13.824533
T7	15.622005	15.562108	15.554931
T8	15.185489	15.167605	15.166071
T9	15.132451	15.105658	15.101184
T10	14.72743	14.742295	14.742361
T11	15.115068	15.140418	15.146273
T12	13.894426	13.918901	13.922689
T13	15.002939	14.990568	14.988432

Tabla 15. Velocidad del viento con vientos diurnos

- La diferencia máxima de velocidad del viento entre apoyos para unas temperaturas del aire de 0 y 15 °C es de 0.141612 km/h
- La diferencia máxima de velocidad del viento entre apoyos para unas temperaturas del aire de 0 y 30 °C es de 0.156158 km/h
- La diferencia máxima de velocidad del viento entre apoyos para unas temperaturas del aire de 15 y 30 °C es de 0.020969 km/h

Dados estos resultados se puede prescindir de simular los vientos de pendiente diurna ya que no modifican prácticamente los resultados.

10.2. CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS

Una vez determinado que el tipo de malla y la simulación con vientos diurnos prácticamente no modifican el resultado en caso de conservar únicamente la masa, se debe comprobar si sucede lo mismo en caso de conservar masa y momentos.

10.2.1. COMPARACION EN FUNCION DEL GROSOR DE LA MALLA

En este tipo de simulaciones los tipos de mallas disponibles son de 63, 80 y 101 metros.

Con un viento de 15 km/h y dirección 0 grados, obtenemos los siguientes resultados en función del tipo de malla:

Apoyos	Velocidad Viento (km/h)		
	Malla 63 m	Malla 80 m	Malla 101 m
T1	16.266434	16.984468	18.017192
T2	13.978249	16.573499	18.578224
T3	12.471045	17.4057	19.223947
T4	17.59334	19.818893	19.165566
T5	9.238967	17.841175	18.233962
T6	10.143808	17.446606	20.546216
T7	17.845746	17.979284	19.334219
T8	18.20726	19.147913	18.561437
T9	17.228781	17.928057	17.991136
T10	16.137243	17.457744	17.490507
T11	15.71689	17.310057	17.242722
T12	16.550858	16.930546	17.484334
T13	17.152892	17.280678	17.453167

Tabla 16. Velocidad del viento en función de la malla

- La máxima diferencia de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 63 y 80 metros es de 9.655524 km/h
- La diferencia media de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 63 y 80 metros es de 1.82526502 km/h

- La máxima diferencia de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 63 y 101 metros es de 10.402408 km/h
- La diferencia media de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 63 y 101 metros es de 2.15852879 km/h
- La máxima diferencia de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 80 y 101 metros es de 3.09961 km/h
- La diferencia media de velocidad del viento entre apoyos en las mallas de 80 y 101 metros es de 0.51607342 km/h

En este caso las diferencias son importantes. En la malla de 63 metros la diferencia máxima de velocidad del viento en toda la línea es de 10.9 km/h y hay una diferencia máxima de 9.65 km/h entre un apoyo y el mismo en la malla de 80 metros. Además la diferencia media entre las mallas es demasiado alta para los rangos de velocidad entre los que se mueve la simulación, casi de 2 km/h.

Las diferencias entre la malla de 63 y 101 metros aumentan sensiblemente.

En cuanto a las mallas de 80 y 101 metros los resultados son más estables, más parecidos a los resultados de la conservación de la masa.

Por tanto tras analizar estos resultados se optara por elegir la malla más fina posible (63 metros). Los resultados en este caso si dependen de la malla y con esta los resultados deberían ser más precisos.

10.2.2. DIFERENCIAS CON VIENTOS DIURNOS

Como se comprobó que en el caso de conservar masa y momentos el tipo de malla si puede variar los resultados, también comprobaremos si la simulación de vientos de pendiente diurna también puede modificar los resultados de manera significativa.

En la siguiente tabla se pueden analizar los resultados:

Apoyo	Velocidad Viento (km/h)		
	Aragon_0_15_0°_01-15-2017_1401_63m_M&M	Aragon_0_15_15°_04-15-2017_1401_63m_M&M	Aragon_0_15_30°_04-15-2017_1401_63m_M&M
T1	15.918495	15.866029	15.857385
T2	13.53863	13.509473	13.504478
T3	12.342414	12.306057	12.299729
T4	18.060227	18.030369	18.028283
T5	9.434695	9.381491	9.375415
T6	10.120869	10.092612	10.091395
T7	17.107499	17.075769	17.072922
T8	17.633711	17.644547	17.646199
T9	16.976611	16.952981	16.950138
T10	16.130714	16.126904	16.125846
T11	16.462703	16.476163	16.479847
T12	15.373463	15.391427	15.394362
T13	16.96872	16.958662	16.957205

Tabla 17. Velocidad del viento con vientos diurnos

A diferencia del caso del tipo de malla, en este caso sucede como en la conservación de la masa que la inclusión de vientos diurnos en las simulaciones no modifica prácticamente los resultados.

10.3. COMPARACION CONSERVACION MASA – MASA Y MOMENTOS

Por último, como se apunto anteriormente la simulación conservando masa y momentos requiere un equipo informático más potente y unos tiempos de simulación más prolongados, a cambio de obtener más precisión en la simulación.

Por tanto para comprobar si es útil en este caso emplear la opción de conservación de masa y momentos se compararan los resultados de ambos casos con unos parámetros de simulación idénticos (malla 63 metros, velocidad 15 km/h y dirección 0 grados).

Los resultados de las simulaciones se pueden ver en la siguiente tabla:

Apoyo	Velocidad Viento (km/h)	
	Aragon_0_15_63m_M&M	Aragon_0_15_63m_Mass
T1	16.266434	15.119533
T2	13.978249	14.533795
T3	12.471045	17.842896
T4	17.59334	16.276036
T5	9.238967	13.665311
T6	10.143808	13.720189
T7	17.845746	15.614268
T8	18.20726	15.230276
T9	17.228781	15.247438
T10	16.137243	14.791916
T11	15.71689	14.901103
T12	16.550858	13.743878
T13	17.152892	15.07746

Tabla 18. Comparación velocidad masa – masa y momentos

Hay una diferencia máxima de velocidad del viento entre el mismo apoyo de ambas mallas de 6.86 km/h y una diferencia media de velocidades a lo largo de toda la línea de 1.46 km/h.

Estos datos muestran diferencias importantes. Dado que la simulación de masa y momentos es más potente y precisa se debe optar por ella.

Como se va a automatizar la generación de resultados se generaran ambas soluciones para tener más opciones de comparación con los datos reales tomados en las estaciones meteorológicas.

11. GENERACION AUTOMATICA DE RESULTADOS

Hay que tener en cuenta que hay repetir la operación de generar los archivos de salida de WindNinja, cargarlos con QGIS, analizarlos con la herramienta matriz de distancias (dos veces, una para obtener las velocidades del viento y otra para obtener las direcciones) y exportar los resultados a una hoja de Excel múltiples veces.

Para facilitar esta tarea WindNinja ha desarrollado una interfaz de línea de comandos (cli por sus iniciales en inglés) y como vimos anteriormente QGIS dispone de la consola de Python para automatizar tareas.

Para resolver todas las simulaciones necesarias en el estudio, primero se deben generar una serie de archivos .txt que contengan las opciones de simulación deseadas en cada caso y luego ejecutarlas con WindNinja_cli por la consola de comandos (cmd) de Windows en este caso.

El siguiente paso es automatizar la carga de las capas generadas y el uso de la herramienta matriz de distancia. Esto último se consigue importando las funciones de procesamiento que te permiten ejecutar algoritmos desde la consola de Python.

Para finalizar el código, se almacenan en una hoja de Excel las columnas de velocidad del viento, omitiendo las columnas de los nombres de los apoyos y la distancia entre apoyo y flecha del mapa de viento que no son necesarias. Se hace lo mismo para la dirección del viento.

11.1. RESULTADOS CON CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS

En los siguientes puntos se mostrara el código utilizado para conseguir los resultados de manera automática.

11.1.1. Generación de shapefiles para análisis

Con el siguiente código se automatiza la parte de WindNinja, obteniendo los archivos en el formato necesario para su posterior análisis en QGIS.

```
import os
os.chdir('C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentos')
intensidades = range(10,91,10)
direcciones = range(0,360,45)
for intensidad in intensidades:
    for direccion in direcciones:
        archivo='Aragon' + '_' + str(direccion) + '_' + str(intensidad) + '.txt'
        text_file = open(archivo, 'w')
        text_file.write('num_threads = 1 \n')
        text_file.write('initialization_method = domainAverageInitialization \n')
        text_file.write('elevation_file =
C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentos/Aragon.tif \n')
        text_file.write('time_zone = Europe/Madrid \n')
        text_file.write('input_speed_units = kph \n')
        text_file.write('output_speed_units = kph \n')
        text_file.write('input_wind_height = 10 \n')
        text_file.write('units_input_wind_height = m \n')
        text_file.write('output_wind_height = 10 \n')
        text_file.write('units_output_wind_height = m \n')
        text_file.write('vegetation = trees \n')
        text_file.write('write_shapefile_output = true \n')
        text_file.write('output_path = C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentos \n')
        text_file.write('existing_case_directory =
C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentos/NINJAFOAM_Aragon_3348_4 \n')
        text_file.write('momentum_flag = true \n')
        speed = 'input_speed = ' + str(intensidad) + '\n'
        text_file.write(speed)
        direction = 'input_direction = ' + str(direccion) + '\n'
        text_file.write(direction)
        text_file.close()
        carga='windninja_cli' + '\t' + archivo
        os.system(carga)
```

Si se realizan manualmente simulaciones con conservación de momentos, en cada simulación se genera una carpeta de archivos (con archivos de elevación, representaciones en 3D del terreno). Para la resolución automática utilizando el parámetro existing case directory se hace uso de uno de esos casos generados manualmente para resolver todas las simulaciones.

Los archivos de texto, que luego son ejecutados con WindNinja_cli, tienen todos las mismas características excepto los parámetros de velocidad y dirección del viento. Para variar estos parámetros se utilizan los ciclos for.

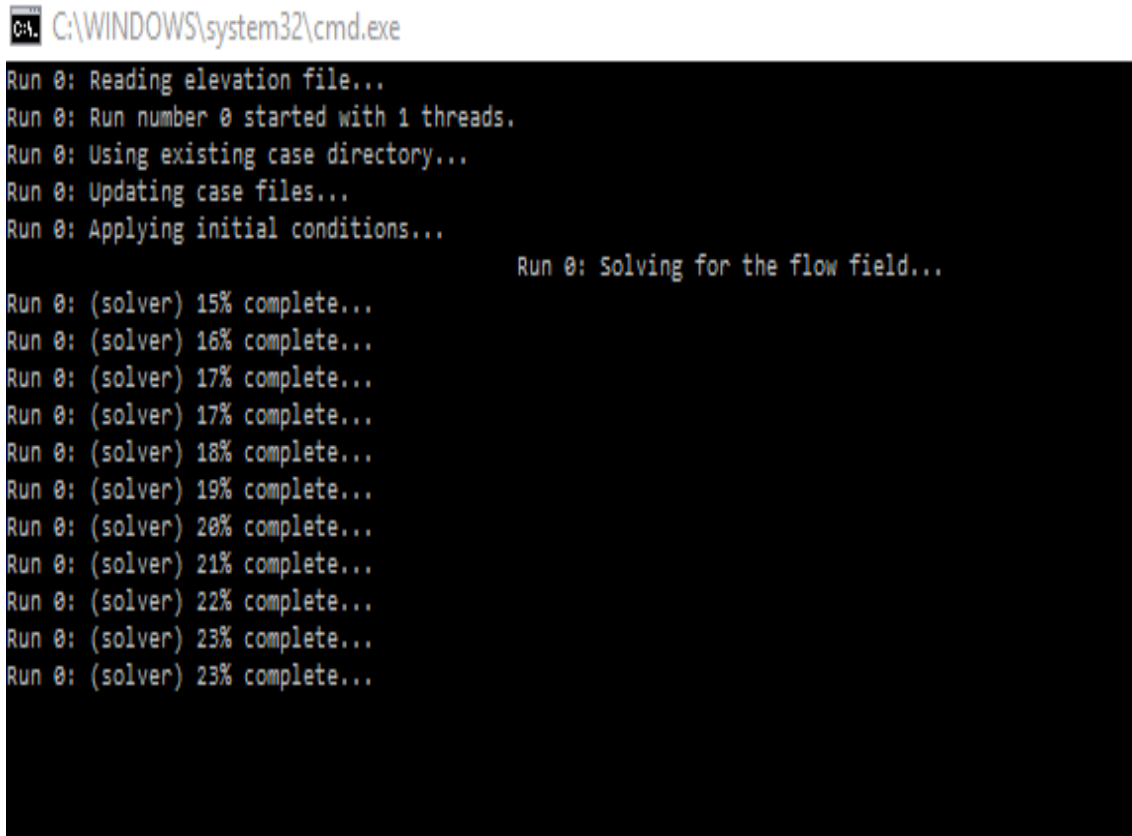
El código va generando documentos de texto, en los que aparecen los parámetros de cada simulación como el siguiente:

A screenshot of a text editor window titled "Aragon_0_10: Bloc de notas". The window has a menu bar with "Archivo", "Edición", "Formato", "Ver", and "Ayuda". The text inside the editor is a list of simulation parameters in a key-value format. The parameters are: num_threads = 1, initialization_method = domainAverageInitialization, elevation_file = C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentosRecortada/Aragon.tif, time_zone = Europe/Madrid, input_speed_units = kph, output_speed_units = kph, input_wind_height = 10, units_input_wind_height = m, output_wind_height = 10, units_output_wind_height = m, vegetation = trees, write_shapefile_output = true, output_path = C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentosRecortada, existing_case_directory = C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentosRecortada/NINJAFOAM_Aragon_3348_4, momentum_flag = true, input_speed = 10, and input_direction = 0. The text is left-aligned and uses a monospaced font. There is a vertical scrollbar on the right side of the text area.

```
num_threads = 1
initialization_method = domainAverageInitialization
elevation_file = C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentosRecortada/Aragon.tif
time_zone = Europe/Madrid
input_speed_units = kph
output_speed_units = kph
input_wind_height = 10
units_input_wind_height = m
output_wind_height = 10
units_output_wind_height = m
vegetation = trees
write_shapefile_output = true
output_path = C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentosRecortada
existing_case_directory = C:/Users/milio/Desktop/SimulacionMomentosRecortada/NINJAFOAM_Aragon_3348_4
momentum_flag = true
input_speed = 10
input_direction = 0
```

Figura 46. Documento de texto con las propiedades de la simulación

Una vez generado el documento de texto, con la orden WindNinja_cli mas el nombre de cada archivo, se van resolviendo las simulaciones en la consola de MS-DOS de Windows.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Run 0: Reading elevation file...
Run 0: Run number 0 started with 1 threads.
Run 0: Using existing case directory...
Run 0: Updating case files...
Run 0: Applying initial conditions...
Run 0: Solving for the flow field...
Run 0: (solver) 15% complete...
Run 0: (solver) 16% complete...
Run 0: (solver) 17% complete...
Run 0: (solver) 17% complete...
Run 0: (solver) 18% complete...
Run 0: (solver) 19% complete...
Run 0: (solver) 20% complete...
Run 0: (solver) 21% complete...
Run 0: (solver) 22% complete...
Run 0: (solver) 23% complete...
Run 0: (solver) 23% complete...
```

Figura 47. Resolución de las simulaciones a partir de los documentos de texto

Una vez finalizado todo el proceso, en un directorio determinado estarán todos los documentos de texto generados y todos los archivos .shp necesarios para cargar en QGIS.

11.1.2. Obtención de resultados

Con las siguientes líneas de código se automatiza la carga de capas en QGIS, el uso de la herramienta matriz de distancia y el almacenamiento de resultados en una hoja de Excel.

```
import csv
import os
import processing
import numpy as np
os.getcwd()
path = 'C:\Users\milio\Desktop\SimulacionesMomentos'
os.chdir( path)
os.getcwd()
filein = '\Aragon'
fileresults = 'velocidad_viento.csv'
intensidades = range(10,91,10)
direcciones = range(0,360,45)
results = np.empty(100, dtype=float)
myfile = open( fileresults, 'w')
wr = csv.writer( myfile, quoting=csv.QUOTE_NONE)
Apoyos=iface.addVectorLayer('C:\Users\milio\Desktop\SimulacionesMomentos\Apoyo
syEstaciones.shp','Apoyos','ogr')
for intensidad in intensidades:
    for direccion in direcciones:
        fileout = path + filein + '_' + str(direccion) + '_' + str(intensidad) + '_63m.shp'
        nombre_capa= 'Aragon' + '_' + str(direccion) + '_' + str(intensidad)
        Aragon= iface.addVectorLayer(fileout,nombre_capa,'ogr')

nombre_salida='C:\Users\milio\Desktop\SimulacionesMomentos\SpeedMatrix'+ '_' +str
(direccion) + '_' + str(intensidad)
    processing.runalg('qgis:distancematrix', Apoyos, 'Numero', nombre_capa, 'speed',
0, 1, nombre_salida)
    values='SpeedMatrix'+ '_' +str(direccion) + '_' + str(intensidad)+'.csv'
    value='values'
    with open( values, 'r') as csvfile:
        spamreader = csv.reader(csvfile, delimiter=',')
        next( spamreader)
```

```
h=0
for row in spamreader:
    print( row[1])
    results[h]=row[1]
    h=h+1
wr.writerow( results)
myfile.close()
fileresults = 'direccion_viento.csv'
results = np.empty(100, dtype=float)
myfile = open( fileresults, 'w')
wr = csv.writer( myfile, quoting=csv.QUOTE_NONE)
for intensidad in intensidades:
    for direccion in direcciones:
        nombre_capa= 'Aragon' + '_' + str(direccion) + '_' + str(intensidad)

nombre_salida='C:\Users\milio\Desktop\SimulacionesMomentos\DirectionMatrix'+ '_'
+str(direccion) + '_' + str(intensidad)
    processing.runalg('qgis:distancematrix', Apoyos, 'Numero', nombre_capa, 'dir', 0,
1, nombre_salida)
    values='DirectionMatrix'+ '_' +str(direccion) + '_' + str(intensidad)+'.csv'
    value='values'
    with open( values, 'r') as csvfile:
        spamreader = csv.reader(csvfile, delimiter=',')
        next( spamreader)
        h=0
        for row in spamreader:
            print( row[1])
            results[h]=row[1]
            h=h+1
        wr.writerow( results)
myfile.close()
```

En la siguiente figura se puede ver la ejecución del código:

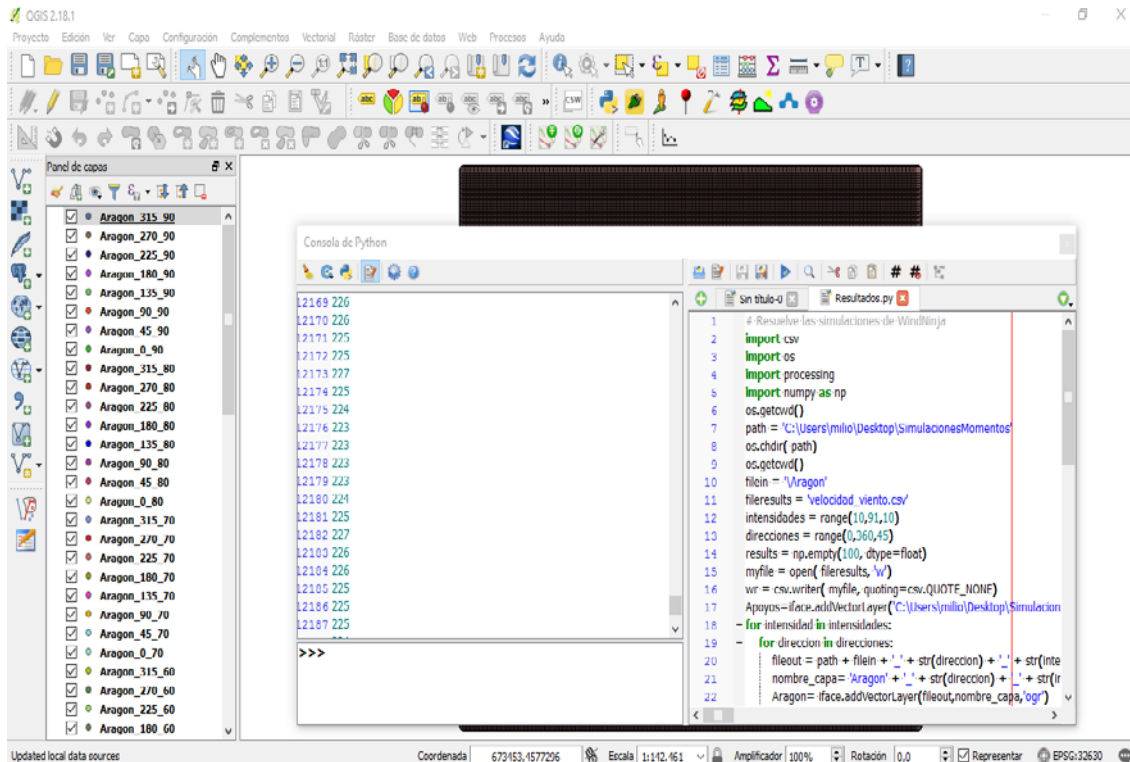


Figura 48. Interfaz grafica de QGIS durante la obtención de resultados

En la parte izquierda de la figura, se puede ver como se cargaron todas las capas necesarias para el estudio. Las capas se cargan una a una y se van obteniendo los resultados de la velocidad del viento tanto por la pantalla de la consola de Python como almacenados en un archivo Excel. Una vez cargadas y completada la hoja de Excel con todas las velocidades del viento requeridas se genera una nueva hoja de Excel con las direcciones del viento ya sin la necesidad de volver a cargar las capas.

Una vez completada la ejecución del código, se obtienen dos archivos Excel delimitados por comas como los siguientes:

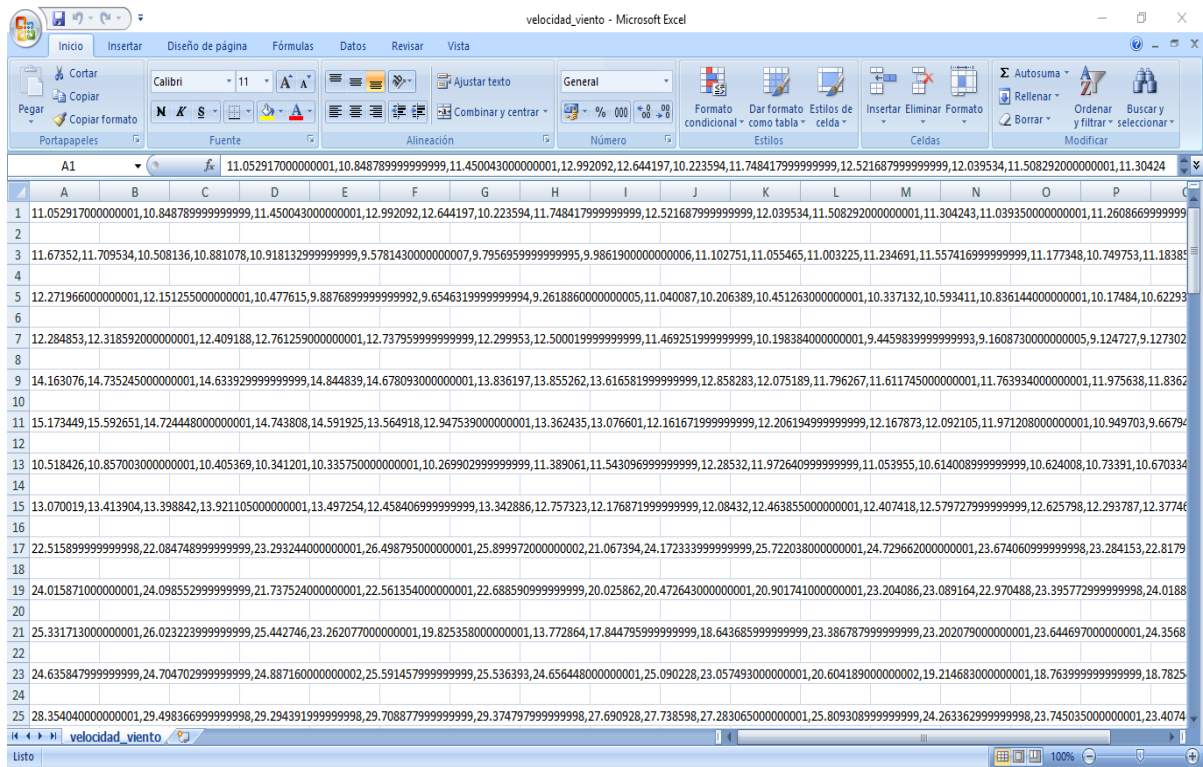


Figura 49. Velocidad del viento para las simulaciones de masa y momentos

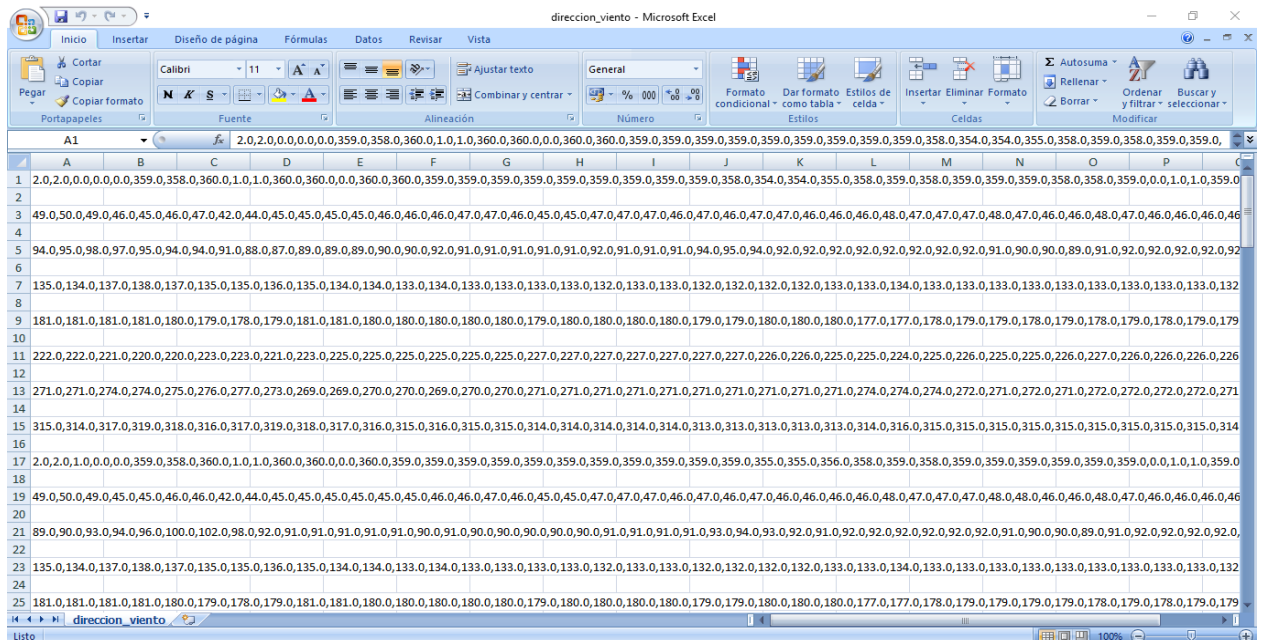


Figura 50. Dirección del viento para las simulaciones de masa y momentos

A partir de estos archivos delimitados por comas se generan dos tablas en las que aparecen la velocidad y la dirección del viento para cada apoyo en función de la velocidad y dirección de los vientos empleados en cada simulación de WindNinja.

Apoyos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14 (EM1)	T15	T16	T17	T18	T19
Vel_Dir Viento																			
10_0	11.052917	10.84879	11.450043	12.992092	12.644197	10.223594	11.748418	12.521688	12.039534	11.508292	11.904243	11.039935	11.260867	11.223537	11.120486	10.969244	10.70753	10.297246	10.253021
10_45	11.67352	11.709534	10.508136	10.881078	10.918133	9.578143	9.795696	9.98619	11.102751	11.053465	11.003225	11.234691	11.557417	11.177348	10.749753	11.18385	11.024334	9.98625	8.735245
10_90	12.271966	12.151255	10.477615	9.88769	9.654632	9.261886	11.040087	10.206389	10.451263	10.337132	10.593411	10.836144	10.17484	10.622934	10.604341	11.658496	11.615981	11.389948	11.737218
10_135	12.284853	12.318592	12.409188	12.761259	12.73796	12.299953	12.50002	11.469252	10.198384	9.445984	9.160873	9.124727	9.127302	9.341554	9.441562	9.898175	9.87598	9.914017	10.15268
10_180	14.163076	14.735245	14.63393	14.844839	14.678093	13.836197	13.855262	13.616582	12.858283	12.075189	11.796267	11.611745	11.763934	11.975638	11.836205	11.959364	11.5617	10.86952	10.743987
10_225	15.173449	15.592651	14.724448	14.743808	14.591925	13.564918	12.947539	13.362435	13.076601	12.161672	12.206195	12.167873	12.092105	11.971208	10.949709	9.667943	9.613355	9.91761	10.306024
10_270	10.518426	10.857003	10.405369	10.341201	10.33575	10.269903	11.389061	11.543097	12.28532	11.972641	11.053955	10.614009	10.624008	10.73391	10.670334	10.805162	10.655454	10.878466	10.91469
10_315	13.070019	13.413904	13.398842	13.921105	13.497254	12.458407	13.342886	12.757323	12.176872	12.08432	12.463855	12.407418	12.579728	12.625798	12.293787	12.377467	12.180269	11.532091	11.780177
20_0	22.5159	22.084749	23.293244	26.498795	25.899972	21.067394	24.172334	25.722038	24.729662	23.674061	23.284153	22.817939	23.302423	23.283036	23.166158	23.059616	22.68993	22.117274	21.933986
20_45	24.015871	24.088553	21.737524	22.561354	22.688591	20.025862	20.472643	20.901741	23.204086	23.089164	22.970488	23.395773	24.018848	23.230334	22.417603	23.2151	22.841191	19.662428	18.459809
20_90	25.331713	26.023224	25.442746	23.262077	19.825358	13.772864	17.844796	18.645686	23.386788	23.202079	23.644697	24.356837	23.129231	23.81118	24.045272	25.547958	25.312392	24.723305	25.411227
20_135	24.635848	24.704703	24.887716	25.591458	25.536993	24.656448	25.090228	23.057493	20.604189	19.214683	18.764	18.76254	18.866399	19.357595	19.567445	20.49428	20.441424	20.564285	20.991087
20_180	28.35404	29.489367	29.294392	29.708878	29.374798	27.990928	27.738598	27.283065	25.809309	24.263363	23.745035	23.407468	23.73382	24.184253	23.926476	24.237209	23.456302	22.111564	21.839668
20_225	30.374631	31.216265	29.474802	29.510998	29.208661	27.159855	25.932292	26.777717	26.266096	24.465385	24.582902	24.537796	24.411035	24.234904	22.283805	19.210706	19.848811	20.547245	21.391983
20_270	22.874429	23.257234	21.223874	20.134706	18.841566	17.503742	22.214972	23.424028	24.988345	24.353997	23.54457	23.093206	22.931857	22.980044	22.810761	22.901146	22.434782	22.818383	22.898378
20_315	26.688403	27.360141	27.312457	28.384987	27.552908	25.501144	27.292967	26.137904	24.971683	24.787954	25.539723	25.415975	25.738887	25.832031	25.16466	25.359802	24.967836	23.738669	24.217293
30_0	34.375571	33.781278	35.627577	40.343294	39.332435	32.104585	36.74776	38.997184	37.46464	35.879787	35.29406	34.58345	35.308339	35.276875	35.104708	34.997051	34.499494	33.722673	33.41508
30_45	36.302221	36.429199	32.899683	34.161813	34.366632	30.372156	31.046533	31.710117	35.197183	35.025481	34.84717	35.475885	36.403257	35.205594	33.995577	35.160809	34.57615	29.81413	28.052502
30_90	39.925515	40.457715	37.580393	37.860502	39.820404	40.072454	42.391117	36.880064	35.968222	33.630528	35.01007	36.256736	34.492669	35.270223	35.842124	38.414632	38.113005	37.314274	38.257623
30_135	36.982713	37.085777	37.360353	38.416729	38.330713	37.009296	37.673631	34.6357	30.989431	28.947654	28.314392	28.373136	28.522139	29.243	29.598262	30.992679	30.908327	31.101262	31.721397
30_180	42.545702	44.261996	43.955193	44.572988	44.071432	41.545519	41.621414	40.948359	38.756574	36.44445	35.684559	35.192263	35.690751	36.375126	35.997603	36.486701	35.323231	33.316844	32.896563
30_225	45.574565	46.837703	44.224949	44.277909	43.824963	40.754145	38.916002	40.191417	39.449332	36.759921	36.949632	36.894015	36.71248	36.456403	33.574277	30.079841	29.993722	31.082504	32.384443
30_270	26.525228	27.193966	24.993495	25.412256	26.599919	28.654372	31.900087	33.104492	35.223821	35.858886	35.018062	34.303601	34.446785	34.631512	34.46306	34.681663	34.013157	34.202937	34.660555
30_315	42.281814	41.285954	41.210205	42.833227	41.590276	38.518186	41.215599	39.488173	37.344472	37.458831	38.549359	38.394161	38.869539	39.088118	38.002105	38.303712	37.714648	36.602915	35.414818
40_0	46.455461	44.934091	46.626374	53.530348	52.538137	42.57602	48.843829	52.035823	50.021215	47.886853	47.092661	46.129681	47.104877	47.080658	46.876971	46.782379	46.154702	45.174433	44.760644
40_45	48.563305	48.73368	44.033509	45.728688	46.005993	40.675997	41.577007	42.474741	47.146202	46.921029	46.685182	47.521156	48.754718	47.147515	45.535806	47.073681	46.279382	39.919755	37.59068
40_90	51.324146	51.81356	47.105578	47.110239	48.268099	47.125167	48.721204	44.377403	47.050631	46.228634	45.096488	44.918389	45.918765	44.543676	46.169949	51.144758	51.212424	50.126797	51.416748
40_135	49.328061	49.465037	49.83143	51.240076	51.123413	49.360745	50.25437	46.209972	41.665221	38.66639	37.843805	37.937266	38.146328	39.114021	39.59292	41.454318	41.338414	41.5959	42.415111
40_180	56.734549	59.023278	58.614377	59.36137	58.767326	55.399636	55.503569	54.612174	51.700675	48.621025	47.617549	46.968798	47.638286	48.556087	48.058316	48.725024	47.177804	44.508807	43.9362
40_225	60.724645	67.459025	58.970336	58.044715	58.441087	54.748168	51.899778	53.604518	53.670215	49.050831	49.317202	49.745897	49.008763	48.679876	44.84838	40.710901	41.105351	41.583906	43.347478

Figura 51. Tabla de Excel con la velocidad del viento para las simulaciones de masa y momentos

Apoyos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14 (EM1)	T15	T16	T17	T18	T19
Vel_Dir Viento																			
10_0	2	2	0	0	0	359	358	360	1	1	360	360	0	360	360	359	359	359	359
10_45	49	50	49	46	45	46	47	42	44	45	45	45	45	46	46	46	47	47	46
10_90	94	95	98	97	95	94	94	91	88	87	89	89	89	90	90	92	91	91	91
10_135	135	134	137	138	137	135	135	136	135	134	134	133	134	133	133	133	133	132	133
10_180	181	181	181	181	180	179	178	179	181	181	180	180	180	180	180	179	180	180	180
10_225	222	222	221	220	220	223	223	221	223	225	225	225	225	225	225	227	227	227	227
10_270	271	271	274	274	275	276	277	273	269	269	270	270	269	270	270	271	271	271	271
10_315	315	314	317	319	318	316	317	319	318	317	316	315	316	315	315	314	314	314	314
20_0	2	2	1	0	0	359	358	360	1	1	360	360	0	360	359	359	359	359	359
20_45	49	50	49	45	45	46	46	42	44	45	45	45	45	45	45	46	46	47	46
20_90	89	90	93	94	96	100	102	98	92	91	91	91	91	91	91	90	90	90	90
20_135	135	134	137	138	137	135	135	136	135	134	134	133	134	133	133	133	133	132	133
20_180	181	181	181	181	180	179	178	179	181	181	180	180	180	180	180	179	180	180	180
20_225	222	222	221	220	220	223	223	221	223	225	225	225	225	225	225	227	227	227	227
20_270	272	272	274	272	270	268	272	268	267	267	268	268	268	269	270	270	270	270	270
20_315	315	314	317	319	318	316	317	319	318	317	316	315	316	315	315	314	314	314	314
30_0	2	2	0	0	0	359	358	360	1	1	360	360	0	360	360	359	359	359	359
30_45	49	50	48	45	45	46	46	42	44	45	45	45	45	45	45	46	46	47	46
30_90	89	89	90	89	90	91	94	95	94	94	94	93	92	92	91	91	91	90	91
30_135	135	134	137	138	137	135	135	136	135	134	134	133	134	133	133	133	133	132	133
30_180	181	181	181	181	180	179	178	179	181	181	180	180	180	180	180	179	180	180	180
30_225	222	222	221	220	220	223	223	221	223	225	225	225	225	225	225	227	227	227	227
30_270	268	267	269	271	273	276	278	276	274	273	273	272	271	271	271	271	270	270	270
30_315	315	314	317	319	318	316	317	319	318	317	316	315	316	315	315	314	314	314	314
40_0	3	3	1	1	1	359	358	360	1	1	0	360	0	360	360	359	359	359	359
40_45	49	50	48	45	45	46	46	42	44	45	45	45	45	45	45	46	46	47	46
40_90	92	92	93	92	90	88	90	92	93	95	96	96	95	94	94	93	92	91	91
40_135	135	134	137	138	137	135	135	136	135	134	134	133	134	133	133	133	133	132	133
40_180	181	181	181	181	180	179	178	179	181	181	180	180	180	180	180	179	180	180	180
40_225	222	222	221	220	220	223	223	221	223	225	225	225	225	225	225	227	227	227	227

11.2. RESULTADOS CON CONSERVACION DE MASA

Para generar los resultados conservando únicamente la masa el código en la parte de obtención de resultados es similar al código conservando masa y momentos. Lo que varia es el código para generar los shapefiles, evidentemente se debe omitir la orden de conservar momentos y se debe elegir el tipo de malla a utilizar (en el caso de los momentos como partimos de un caso existente no fue necesario establecer el tipo de malla). El código para generar los shapefiles en este caso es el siguiente:

```
import os
os.chdir('C:/Users/milio/Desktop/ApoyosyEstaciones')
intensidades = range(10,91,5)
direcciones = range(0,360,45)
for intensidad in intensidades:
    for direccion in direcciones:
        archivo='Aragon' + '_' +str(direccion) + '_' + str(intensidad) + '.txt'
        text_file = open(archivo, 'w')
        text_file.write('num_threads = 1 \n')
        text_file.write('initialization_method = domainAverageInitialization \n')
        text_file.write('elevation_file =
C:/Users/milio/Desktop/ApoyosyEstaciones/Aragon.tif \n')
        text_file.write('time_zone = Europe/Madrid \n')
        text_file.write('input_speed_units = kph \n')
        text_file.write('output_speed_units = kph \n')
        text_file.write('input_wind_height = 10 \n')
        text_file.write('units_input_wind_height = m \n')
        text_file.write('output_wind_height = 10 \n')
        text_file.write('units_output_wind_height = m \n')
        text_file.write('vegetation = trees \n')
        text_file.write('mesh_resolution = 63 \n')
        text_file.write('units_mesh_resolution = m \n')
```

```
text_file.write('write_shapefile_output = true \n')
text_file.write('output_path = C:/Users/milio/Desktop/ApoyosyEstaciones \n')
speed = 'input_speed = ' + str(intensidad) + '\n'
text_file.write(speed)
direction = 'input_direction = ' + str(direccion) + '\n'
text_file.write(direction)
text_file.close()
carga='windninja_cli' + '\t' + archivo
os.system(carga)
```

Las tablas de velocidad y dirección del viento en este caso son:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	Apoyos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14 (EMI)	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22
2	Vel Dir Viento																						
3	10_0	10.07969	9.689197	11.89526	10.85069	9.110208	9.146792	10.40951	10.15352	10.16496	9.861277	9.934069	9.162595	10.05164	9.856171	9.597747	10.04551	9.412035	9.67753	10.04906	10.10363	10.04987	10.37049
4	10_45	10.22295	10.05261	11.11394	11.38683	9.268236	8.811437	9.07059	9.513394	10.24168	9.754325	9.919265	9.678454	9.964913	9.584208	9.522921	10.13266	9.358914	9.973485	10.19057	10.50184	10.13773	9.912554
5	10_90	10.10001	10.3037	9.756883	10.18126	9.46464	10.13025	9.625715	9.021012	9.553856	9.872546	9.984705	9.954363	9.774077	9.723146	9.637627	10.16538	9.651801	9.922695	9.955578	10.27533	10.17115	10.02385
6	10_135	9.956507	9.952741	10.64191	9.574858	9.306911	10.42591	10.89632	9.692483	9.472854	9.782074	9.986866	9.454207	9.862812	9.932281	9.707643	10.07992	9.704945	9.626903	9.852283	9.868593	10.08372	10.47466
7	10_180	10.07969	9.689197	11.89526	10.85069	9.110208	9.146792	10.40951	10.15352	10.16496	9.861277	9.934069	9.162595	10.05164	9.856171	9.597747	10.04551	9.412035	9.67753	10.04906	10.10363	10.04987	10.37049
8	10_225	10.22295	10.05261	11.11394	11.38683	9.268236	8.811437	9.07059	9.513394	10.24168	9.754325	9.919265	9.678454	9.964913	9.584208	9.522921	10.13266	9.358914	9.973485	10.19057	10.50184	10.13773	9.912554
9	10_270	10.10001	10.3037	9.756883	10.18126	9.46464	10.13025	9.625715	9.021012	9.553856	9.872546	9.984705	9.954363	9.774077	9.723146	9.637627	10.16538	9.651801	9.922695	9.955578	10.27533	10.17115	10.02385
10	10_315	9.956507	9.952741	10.64191	9.574858	9.306911	10.42591	10.89632	9.692483	9.472854	9.782074	9.986866	9.454207	9.862812	9.932281	9.707643	10.07992	9.704945	9.626903	9.852283	9.868593	10.08372	10.47466
11	20_0	20.15398	19.37839	23.79053	21.70138	18.22041	18.23959	20.81902	20.30703	20.32992	19.72255	19.86814	18.32517	20.10328	19.71234	19.1955	20.09101	18.82407	19.35506	20.09812	20.20726	20.09973	20.74097
12	20_45	20.4459	20.10521	22.22787	22.77365	18.53647	17.62287	18.14118	19.02679	20.48336	19.50865	18.83853	19.35691	19.92983	19.16842	19.04584	20.26532	18.71783	19.94697	20.38115	21.00369	20.27545	19.82511
13	20_90	20.20002	20.8074	19.51377	20.36252	18.92928	20.2805	19.25143	18.04202	19.10771	19.34509	19.96941	19.90873	19.54815	19.44623	19.26326	20.33167	19.3032	19.84539	19.99116	20.55067	20.3423	20.04771
14	20_135	19.91302	19.90548	21.28381	19.14972	18.61382	20.85181	21.79664	19.38497	18.94571	19.56415	19.99737	19.90841	19.72563	19.98456	19.41529	20.15384	19.40989	19.25381	19.70457	19.73719	20.16743	20.94932
15	20_180	20.15398	19.37839	23.79053	21.70138	18.22041	18.23959	20.81902	20.30703	20.32992	19.72255	19.86814	18.32517	20.10328	19.71234	19.1955	20.09101	18.82407	19.35506	20.09812	20.20726	20.09973	20.74097
16	20_225	20.4459	20.10521	22.22787	22.77365	18.53647	17.62287	18.14118	19.02679	20.48336	19.50865	18.83853	19.35691	19.92983	19.16842	19.04584	20.26532	18.71783	19.94697	20.38115	21.00369	20.27545	19.82511
17	20_270	20.20002	20.8074	19.51377	20.36252	18.92928	20.2805	19.25143	18.04202	19.10771	19.34509	19.96941	19.90873	19.54815	19.44623	19.26326	20.33167	19.3032	19.84539	19.99116	20.55067	20.3423	20.04771
18	20_315	19.91302	19.90548	21.28381	19.14972	18.61382	20.85181	21.79664	19.38497	18.94571	19.56415	19.99737	19.90841	19.72563	19.98456	19.41529	20.15384	19.40989	19.25381	19.70457	19.73719	20.16743	20.94932
19	30_0	30.23907	29.06759	35.68579	32.55207	27.33062	27.44038	31.22854	30.48055	30.49488	29.58383	29.80221	27.48776	30.15492	29.58851	28.79324	30.19652	28.23611	29.03259	30.14718	30.31088	30.1496	31.11146
20	30_45	30.66884	30.15782	33.34181	34.8048	27.80471	26.43431	27.21177	28.54018	30.72504	29.26297	29.75779	29.03536	29.89474	28.75262	28.56876	30.39798	28.07674	29.32046	30.57172	31.50554	30.41318	29.73786
21	30_90	30.30003	30.9109	29.27065	30.54378	28.33392	30.39074	28.87715	27.06304	28.66157	29.01764	29.95412	28.96309	29.32223	29.16344	28.89488	30.49795	28.9548	29.76808	29.98673	30.826	30.51345	30.07167
22	30_135	29.86952	29.85822	31.92572	28.72457	27.92073	31.27772	32.69496	29.07745	28.41856	29.34622	29.99606	28.36262	29.58844	29.97684	29.12293	30.23976	29.11484	28.88071	29.55885	29.60578	30.25114	31.42397
23	30_180	30.23907	29.06759	35.68579	32.55207	27.33062	27.44038	31.22854	30.48055	30.49488	29.58383	29.80221	27.48776	30.15492	29.58851	28.79324	30.19652	28.23611	29.03259	30.14718	30.31088	30.1496	31.11146
24	30_225	30.66884	30.15782	33.34181	34.8048	27.80471	26.43431	27.21177	28.54018	30.72504	29.26297	29.75779	29.03536	29.89474	28.75262	28.56876	30.39798	28.07674	29.32046	30.57172	31.50554	30.41318	29.73786
25	30_270	30.30003	30.9109	29.27065	30.54378	28.33392	30.39074	28.87715	27.06304	28.66157	29.01764	29.95412	28.96309	29.32223	29.16344	28.89488	30.49795	28.9548	29.76808	29.98673	30.826	30.51345	30.07167
26	30_315	29.86952	29.85822	31.92572	28.72457	27.92073	31.27772	32.69496	29.07745	28.41856	29.34622	29.99606	28.36262	29.58844	29.97684	29.12293	30.23976	29.11484	28.88071	29.55885	29.60578	30.25114	31.42397
27	40_0	40.31876	38.75679	47.58106	43.40276	36.44083	36.58717	41.63805	40.61407	40.65984	39.44511	39.73627	36.65034	40.20658	39.42468	38.39099	40.16203	37.64814	38.71012	40.19624	40.41451	40.19946	41.48195
28	40_45	40.89179	40.21042	44.45574	45.54731	37.07294	35.24575	36.28236	38.05357	40.96872	39.0173	39.67706	38.71382	39.85965	38.33683	38.09168	40.53064	37.43566	38.89394	40.7623	42.00738	40.55091	39.65022
29	40_90	40.40004	41.21479	39.02753	40.72504	37.85856	40.52099	38.50286	36.08405	38.21542	38.69108	39.93882	39.87145	39.09631	38.89259	38.52651	40.66393	38.6064	39.69078	39.96231	41.10133	40.6846	40.09542
30	40_135	39.82603	39.81096	42.56762	38.29943	37.22764	41.01363	43.53328	38.78993	37.89142	39.1283	39.99474	37.81683	39.45125	39.96912	38.83057	40.31968	38.81978	38.50761	39.40913	39.47437	40.33486	41.89663
31	40_180	40.31876	38.75679	47.58106	43.40276	36.44083	36.58717	41.63805	40.61407	40.65984	39.44511	39.73627	36.65034	40.20658	39.42468	38.39099	40.16203	37.64814	38.71012	40.19624	40.41451	40.19946	41.48195
32	40_225	40.89179	40.21042	44.45574	45.54731	37.07294	35.24575	36.28236	38.05357	40.96872	39.0173	39.67706	38.71382	39.85965	38.33683	38.09168	40.53064	37.43566	38.89394	40.7623	42.00738	40.55091	39.65022
33	40_270	40.40004	41.21479	39.02753	40.72504	37.85856	40.52099	38.50286	36.08405	38.21542	38.69108	39.93882	39.87145	39.09631	38.89259	38.52651	40.66393	38.6064	39.69078	39.96231	41.10133	40.6846	40.09542
34	40_315	39.82603	39.81096	42.56762	38.29943	37.22764	41.01363	43.53328	38.78993	37.89142	39.1283	39.99474	37.81683	39.45125	39.96912	38.83057	40.31968	38.81978	38.50761	39.40913	39.47437	40.33486	41.89663
35	50_0	50.39844	48.44588	59.47832	54.25345	45.55104	45.73396	52.04756	50.76759	50.82479	49.30639	49.67034	45.81293	50.2582	49.28088	47.88874	50.22754	47.06016	48.38785	50.24531	50.51814	50.24933	51.85244
36	50_45	51.11474	50.26303	55.58968	58.39413	46.34118	44.05718	45.35295	47.58697	51.2084	47.7762	49.59632	48.39227	49.82458	47.32104	47.6146	50.66329	48.79457	49.86743	50.95287	52.50923	50.88863	49.56277
37	50_90	50.66907	50.66907	55.58968	58.39413	46.34118	44.05718	45.35295	47.58697	51.2084	47.7762	49.59632	48.39227	49.82458	47.32104	47.6146	50.66329	48.79457	49.86743	50.95287	52.50923	50.88863	49.56277

Figura 53. Tabla de Excel con la velocidad del viento para las simulaciones de masa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	Apoyos																						
2	Vel_Dir Viento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14 (EMI)	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22
3	10_0	1	0	1	5	360	355	355	359	2	360	360	1	0	359	359	0	359	1	1	2	0	358
4	10_45	45	47	40	43	46	48	42	42	43	44	45	47	44	45	45	45	46	46	45	45	45	44
5	10_90	89	90	89	85	90	94	95	91	88	90	90	89	90	91	91	90	91	89	89	88	90	92
6	10_135	135	133	141	137	134	132	137	138	137	136	135	133	136	135	135	135	134	134	135	135	135	136
7	10_180	181	180	181	185	180	175	175	179	182	180	180	181	180	179	179	180	179	181	181	182	180	178
8	10_225	225	227	220	223	226	228	222	222	223	224	225	227	224	225	225	225	226	226	225	225	225	224
9	10_270	269	270	269	265	270	274	275	271	268	270	270	269	270	271	271	270	271	269	269	268	270	272
10	10_315	315	313	321	317	314	312	317	318	317	316	315	313	316	315	315	315	314	314	315	315	315	316
11	20_0	1	0	1	5	360	355	355	359	2	360	360	1	0	359	359	0	359	1	1	2	0	358
12	20_45	45	47	40	43	46	48	42	42	43	44	45	47	44	45	45	45	46	46	45	45	45	44
13	20_90	89	90	89	85	90	94	95	91	88	90	90	89	90	91	91	90	91	89	89	88	90	92
14	20_135	135	133	141	137	134	132	137	138	137	136	135	133	136	135	135	135	134	134	135	135	135	136
15	20_180	181	180	181	185	180	175	175	179	182	180	180	181	180	179	179	180	179	181	181	182	180	178
16	20_225	225	227	220	223	226	228	222	222	223	224	225	227	224	225	225	225	226	226	225	225	225	224
17	20_270	269	270	269	265	270	274	275	271	268	270	270	269	270	271	271	270	271	269	269	268	270	272
18	20_315	315	313	321	317	314	312	317	318	317	316	315	313	316	315	315	315	314	314	315	315	315	316
19	30_0	1	0	1	5	360	355	355	359	2	360	360	1	0	359	359	0	359	1	1	2	0	358
20	30_45	45	47	40	43	46	48	42	42	43	44	45	47	44	45	45	45	46	46	45	45	45	44
21	30_90	89	90	89	85	90	94	95	91	88	90	90	89	90	91	91	90	91	89	89	88	90	92
22	30_135	135	133	141	137	134	132	137	138	137	136	135	133	136	135	135	135	134	134	135	135	135	136
23	30_180	181	180	181	185	180	175	175	179	182	180	180	181	180	179	179	180	179	181	181	182	180	178
24	30_225	225	227	220	223	226	228	222	222	223	224	225	227	224	225	225	225	226	226	225	225	225	224
25	30_270	269	270	269	265	270	274	275	271	268	270	270	269	270	271	271	270	271	269	269	268	270	272
26	30_315	315	313	321	317	314	312	317	318	317	316	315	313	316	315	315	315	314	314	315	315	315	316
27	40_0	1	0	1	5	360	355	355	359	2	360	360	1	0	359	359	0	359	1	1	2	0	358
28	40_45	45	47	40	43	46	48	42	42	43	44	45	47	44	45	45	45	46	46	45	45	45	44
29	40_90	89	90	89	85	90	94	95	91	88	90	90	89	90	91	91	90	91	89	89	88	90	92
30	40_135	135	133	141	137	134	132	137	138	137	136	135	133	136	135	135	135	134	134	135	135	135	136
31	40_180	181	180	181	185	180	175	175	179	182	180	180	181	180	179	179	180	179	181	181	182	180	178
32	40_225	225	227	220	223	226	228	222	222	223	224	225	227	224	225	225	225	226	226	225	225	225	224
33	40_270	269	270	269	265	270	274	275	271	268	270	270	269	270	271	271	270	271	269	269	268	270	272
34	40_315	315	313	321	317	314	312	317	318	317	316	315	313	316	315	315	315	314	314	315	315	315	316
35	50_0	1	0	1	5	360	355	355	359	2	360	360	1	0	359	359	0	359	1	1	2	0	358
36	50_45	45	47	40	43	46	48	42	42	43	44	45	47	44	45	45	45	46	46	45	45	45	44
37	50_90	89	90	89	85	90	94	95	91	88	90	90	89	90	91	91	90	91	89	89	88	90	92
38	50_135	135	133	141	137	134	132	137	138	137	136	135	133	136	135	135	135	134	134	135	135	135	136
39	50_180	181	180	181	185	180	175	175	179	182	180	180	181	180	179	179	180	179	181	181	182	180	178
40	50_225	225	227	220	223	226	228	222	222	223	224	225	227	224	225	225	225	226	226	225	225	225	224
41	50_270	269	270	269	265	270	274	275	271	268	270	270	269	270	271	271	270	271	269	269	268	270	272
42	50_315	315	313	321	317	314	312	317	318	317	316	315	313	316	315	315	315	314	314	315	315	315	316
43	60_0	1	0	1	5	360	355	355	359	2	360	360	1	0	359	359	0	359	1	1	2	0	358
44	60_45	45	47	40	43	46	48	42	42	43	44	45	47	44	45	45	45	46	46	45	45	45	44
45	60_90	89	90	89	85	90	94	95	91	88	90	90	89	90	91	91	90	91	89	89	88	90	92
46	60_135	135	133	141	137	134	132	137	138	137	136	135	133	136	135	135	135	134	134	135	135	135	136
47	60_180	181	180	181	185	180	175	175	179	182	180	180	181	180	179	179	180	179	181	181	182	180	178
48	60_225	225	227	220	223	226	228	222	222	223	224	225	227	224	225	225	225	226	226	225	225	225	224
49	60_270	269	270	269	265	270	274	275	271	268	270	270	269	270	271	271	270	271	269	269	268	270	272
50	60_315	315	313	321	317	314	312	317	318	317	316	315	313	316	315	315	315	314	314	315	315	315	316
51	70_0	1	0	1	5	360	355	355	359	2	360	360	1	0	359	359	0	359	1	1	2	0	358
52	70_45	45	47	40	43	46	48	42	42	43	44	45	47	44	45	45	45	46	46	45	45	45	44
53	70_90	89	90	89	85	90	94	95	91	88	90	90	89	90	91	91	90	91	89	89	88	90	92
54	70_135	135	133	141	137	134	132	137	138	137	136	135	133	136	135	135	135	134	134	135	135	135	136
55	70_180	181	180	181	185	180	175	175	179	182	180	180	181	180	179	179	180	179	181	181	182	180	178
56	70_225	225	227	220	223	226	228	222	222	223	224	225	227	224	225	225	225	226	226	225	225	225	224
57	70_270	269	270	269	265	270	274	275	271	268	270	270	269	270	271	271	270	271	269	269	268	270	272
58	70_315	315	313	321	317	314	312	317	318	317	316	315	313	316	315	315	315	314	314	315	315	315	316
59	80_0	1	0	1	5	360	355	355	359	2	360	360	1	0	359	359	0	359	1	1	2	0	358
60	80_45	45	47	40	43	46	48	42	42	43	44	45	47	44	45	45	45	46	46	45	45	45	44
61	80_90	89	90	89	85	90	94	95	91	88	90	90	89	90	91	91	90	91	89	89	88	90	92
62	80_135	135	133	141	137	134	132	137	138	137	136	135	133	136	135	135	135	134	134	135	135	135	136
63	80_180	181	180	181	185	180	175	175	179	182	180	180	181	180	179	179	180	179	181	181	182	180	178
64	80_225	225	227	220	223	226	228	222	222	223	224	225	227	224	225	225	225	226	226	225	225	225	224
65	80_270	269	270	269	265	270	274	275	271	268	270	270	269	270	271	271	270	271	269	269	268	2	

12. DICCIONARIO DE VIENTO

Para finalizar mediante Python se creara un script mediante el cual se obtendrán los valores de velocidad y dirección del viento a lo largo de la línea a partir de los valores conocidos de una de las seis estaciones meteorológicas.

12.1. CORRELACIONES

Para llevar a cabo esta tarea se partirá de los resultados generados en el apartado anterior. A partir de la tabla de velocidades de viento se determina la correlación entre el viento en cada estación meteorológica y el resto de los apoyos de la línea

Se realiza un estudio de los datos para comprobar su grado de linealidad y estimar el error cometido en la extrapolación de datos.

12.1.1. Correlaciones para la velocidad del viento

10_0	50_0	90_0	Relacion 10-50	Relacion 10-90	Relacion 50-90
10.079689	50.398444	90.717198	4.999999901	8.999999702	1.799999976
9.689197	48.445983	87.202769	4.999999794	8.999999587	1.799999992
11.895264	59.476321	107.057378	5.000000084	9.000000168	1.800000003
10.850691	54.253454	97.656216	4.999999908	8.999999724	1.799999978
9.110208	45.551038	81.991868	4.999999978	8.999999561	1.799999991
9.146792	45.733962	82.321131	5.000000219	9.000000328	1.799999987
10.409512	52.047561	93.68561	5.000000096	9.000000192	1.800000004
10.153518	50.767588	91.381658	4.999999803	8.999999606	1.799999992
10.164959	50.824794	91.484629	4.999999902	8.999999803	1.799999996
9.861277	49.306386	88.751495	5.000000101	9.000000203	1.800000004
9.934069	49.670344	89.40662	4.999999899	8.999999899	1.800000016
9.162585	45.812925	82.463266	5	9.000000109	1.800000022
10.05164	50.2582	90.464761	5	9.000000099	1.800000002
9.856171	49.280856	88.705541	5.000000101	9.000000203	1.800000004
9.597747	47.988737	86.379726	5.000000208	9.000000313	1.799999987

Tabla 19. Grado de linealidad de la velocidad del viento en una simulación de masa

Como se puede ver en la tabla 19, la velocidad del viento varía de forma lineal. La velocidad del viento en el apoyo 1 para una velocidad de viento de en la zona de 50 km/h es igual a la velocidad de viento en el mismo apoyo para una velocidad de viento en la zona de 10 km/h multiplicada por 5 (en ambas la dirección del viento en la zona es de 0°). La relación se sigue cumpliendo para diferentes direcciones de viento en la zona.

10_0	50_0	90_0	Relacion 10-50	Relacion 10-90	Relacion 50-90
11.052917	57.32213	103.373807	5.186154026	9.352626732	1.803383911
10.84879	56.101373	101.052876	5.171210153	9.314667903	1.801254953
11.450043	59.071981	106.426957	5.159105603	9.294895836	1.801648687
12.992092	67.161511	121.103914	5.169414672	9.321355945	1.803174351
12.644197	65.650315	118.416207	5.192130034	9.365261155	1.803741642
10.223594	53.512043	96.579611	5.234171369	9.446737713	1.804820104
11.748418	61.329471	110.686555	5.22023229	9.421400822	1.804785745
12.521688	65.193802	117.656171	5.206470725	9.396190913	1.804714059
12.039534	62.650588	113.050192	5.203738616	9.389914261	1.804455403
11.508292	60.006314	108.288517	5.214180697	9.409608046	1.804618711
11.304243	59.033601	106.541528	5.222251592	9.424914875	1.804760784
11.03935	57.888562	104.505516	5.243837907	9.466636713	1.805287822
11.260867	59.118769	106.728166	5.249930489	9.477792962	1.8053178
11.223537	59.086114	106.66617	5.264482489	9.503792788	1.805266293

Tabla 20. Grado de linealidad de la velocidad del viento en una simulación de masa y momentos

En las simulaciones de masa y momentos la linealidad ya no es exacta y en las correlaciones habrá un error medio de entre un 3% y un 4%. Este error debe tenerse en cuenta a la hora de obtener los resultados, podría minimizarse con intervalos de simulación de velocidad y dirección de viento reducidos (en el proyecto se optó por intervalos de 5 km/h y 45°).

Estacion meteorologica	T14 (EM1)				
Apoyos	0°	45°	90°	135°	180°
T1	1.02267798	1.06664505	1.03875937	0.99641984	1.02267798
T2	0.98305894	1.04887185	1.05970814	0.99604295	0.98305894
T3	1.2068849	1.15960922	1.00346976	1.06501258	1.2068849
T4	1.10090328	1.18808221	1.04711592	0.95822545	1.10090328
T5	0.92431513	0.96703202	0.97341334	0.93141006	0.92431513
T6	0.92802692	0.91937039	1.04186937	1.043396	0.92802692
T7	1.05614158	0.94640997	0.98997948	1.09067399	1.05614158
T8	1.03016861	0.99261139	0.92778736	0.96999704	1.03016861
T9	1.03132941	1.06859941	0.98258897	0.94801717	1.03132941
T10	1.00051805	1.01774972	0.99479592	0.97896306	1.00051805
T11	1.00790347	1.03495928	1.02690066	1.00064099	1.00790347
T12	0.92962926	1.00983347	1.02378006	0.94615103	0.92962926
T13	1.01983214	1.03972211	1.00523812	0.9870431	1.01983214
T14 (EM1)	1	1	1	1	1

Tabla 21. Correlación en la velocidad del viento en una simulación de masa

Estacion meteorologica	T14 (EM1)				
Apoyos	0°	45°	90°	135°	180°
T1	0.98479802	1.04439085	1.1552332	1.31507595	1.18265732
T2	0.96661061	1.0476129	1.14386995	1.31868766	1.23043507
T3	1.02018134	0.94012784	0.98632026	1.32838583	1.22197498
T4	1.15757555	0.97349371	0.93078711	1.36607453	1.23958648
T5	1.12657864	0.9768089	0.90884797	1.36358041	1.22566272
T6	0.91090661	0.85692447	0.87187645	1.31669238	1.15536199
T7	1.0467661	0.87638821	1.03926909	1.33810927	1.15695398
T8	1.11566327	0.89343107	0.96078814	1.22776703	1.13702351
T9	1.07270409	0.99332606	0.98383959	1.09172243	1.07370338
T10	1.02537124	0.98909554	0.97309576	1.01117908	1.00831279
T11	1.00719078	0.9844218	0.99722082	0.98065836	0.98502201
T12	0.98358922	1.00513029	1.02007073	0.97678898	0.96961389
T13	1.00332605	1.0340035	0.95781824	0.97706463	0.98232211
T14 (EM1)	1	1	1	1	1

Tabla 22. Correlación en la velocidad del viento en una simulación de masa y momentos

Las correlaciones se formaran dividiendo la velocidad del viento en cada apoyo entre la velocidad del viento en cada una de las seis estaciones meteorológicas para las diferentes direcciones del viento simuladas.

12.1.2. Correlaciones para la dirección del viento

10_0	50_0	90_0	Relacion 10-50	Relacion 10-90	Relacion 50-90
1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0
5	5	5	0	0	0
360	360	360	0	0	0
355	355	355	0	0	0
355	355	355	0	0	0
359	359	359	0	0	0
2	2	2	0	0	0
360	360	360	0	0	0
360	360	360	0	0	0
1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0
359	359	359	0	0	0

Tabla 23. Grado de linealidad de la dirección del viento en una simulación de masa

10_0	50_0	90_0	Relacion 10-50	Relacion 10-90	Relacion 50-90
2	2	2	0	0	0
2	2	2	0	0	0
0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
359	359	359	0	0	0
358	358	358	0	0	0
360	360	360	0	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0
360	360	360	0	0	0
360	360	360	0	0	0
0	0	0	0	0	0
360	360	360	0	0	0

Tabla 24. Grado de linealidad de la dirección del viento en una simulación de masa y momentos

En el caso de la dirección del viento en las simulaciones de masa la dirección del viento no varía, aunque varíe la magnitud de la velocidad del viento (sucede lo mismo con distintas direcciones del viento en la zona de la línea).

En el caso de simulaciones de masa y momentos hay variaciones puntuales no muy significativas, por tanto consideraremos que no hay error.

Estacion meteorologica	T14 (EM1)				
Apoyos	0°	45°	90°	135°	180°
T1	-358	0	-2	0	2
T2	-359	2	-1	-2	1
T3	-358	-5	-2	6	2
T4	-354	-2	-6	2	6
T5	1	1	-1	-1	1
T6	-4	3	3	-3	-4
T7	-4	-3	4	2	-4
T8	0	-3	0	3	0
T9	-357	-2	-3	2	3
T10	1	-1	-1	1	1
T11	1	0	-1	0	1
T12	-358	2	-2	-2	2
T13	-359	-1	-1	1	1
T14 (EM1)	0	0	0	0	0

Tabla 25. Correlación en la dirección del viento en una simulación de masa

Estacion meteorologica	T14 (EM1)				
Apoyos	0°	45°	90°	135°	180°
T1	-358	3	4	2	1
T2	-358	4	5	1	1
T3	-360	3	8	4	1
T4	-360	0	7	5	1
T5	-360	-1	5	4	0
T6	-1	0	4	2	-1
T7	-2	1	4	2	-2
T8	0	-4	1	3	-1
T9	-359	-2	-2	2	1
T10	-359	-1	-3	1	1
T11	0	-1	-1	1	0
T12	0	-1	-1	0	0
T13	-360	-1	-1	1	0
T14 (EM1)	0	0	0	0	0

Tabla 26. Correlación en la dirección del viento en una simulación de masa y momentos

Las correlaciones se formaran restando la dirección del viento en cada apoyo a la dirección del viento en cada una de las seis estaciones meteorológicas para las diferentes direcciones del viento simuladas.

12.2. DICCIONARIO

Con estas correlaciones y el siguiente código conseguimos determinar la velocidad y dirección del viento en toda la línea a partir de los datos conocidos en una estación meteorológica. La velocidad y dirección para direcciones simuladas en WindNinja (0°, 45°, 90°, ...) se obtendrán directamente de las tablas de correlación, para velocidades y direcciones intermedias el cálculo se efectuara mediante interpolación lineal.

```
print ('¿Simulacion de masa o masa y momentos? [1=Masa, 2=Masa&Momento]')

sim=int(input('Introducir el tipo de simulacion: '))

print ('Estacion meteorologica de donde proceden los datos [1=T14(EM1),
2=T37(EM2), 3=T44(EM3), 4=T55(EM4), 5=T71(EM5), 6=T83(EM6)]')

em=int(input('Introducir el numero de la estacion meteorologica: '))

vv=float(input('Introducir la velocidad del viento en la estacion meteorologica(km/h):
'))

dv=float(input('Introducir la direccion del viento en la estacion meteorologica(°): '))

import openpyxl

import os

os.chdir('C:/Users/milio/Desktop/Correlaciones')

postes=['T1', 'T2', 'T3', 'T4', 'T5', 'T6', 'T7', 'T8', 'T9', 'T10', 'T11', 'T12', 'T13', 'T14(EM1)',
'T15', 'T16', 'T17', 'T18', 'T19', 'T20', 'T21', 'T22', 'T23', 'T24', 'T25', 'T26', 'T27', 'T28',
'T29', 'T30', 'T31', 'T32', 'T33', 'T34', 'T35', 'T36', 'T37(EM2)', 'T38', 'T39', 'T40', 'T41',
'T42', 'T43', 'T44(EM3)', 'T45', 'T46', 'T47', 'T48', 'T49', 'T50', 'T51', 'T52', 'T53', 'T54',
'T55(EM4)', 'T56', 'T57', 'T58', 'T59', 'T60', 'T61', 'T62', 'T63', 'T64', 'T65', 'T66', 'T67',
'T68', 'T69', 'T70', 'T71(EM5)', 'T72', 'T73', 'T74', 'T75', 'T76', 'T77', 'T78', 'T79', 'T80',
'T81', 'T82', 'T83(EM6)', 'T84', 'T85', 'T86']

if sim==1:

    doc = openpyxl.load_workbook('Correlacion_Masa.xlsx')

if sim==2:

    doc = openpyxl.load_workbook('Correlacion_Momento.xlsx')

estacion_meteorologica='EM'+str(em)

hoja = doc.get_sheet_by_name(estacion_meteorologica)

if dv == 0:

    for i in range(3,89):

        correlacion1=float(hoja.cell(row=2, column=i).value)

        correlacion2=float(hoja.cell(row=12, column=i).value)

        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
```

```
if 0<dv<45:
```

```
    x1=float(hoja.cell(row=2, column=2).value)
    x2=float(hoja.cell(row=3, column=2).value)
    x3=float(hoja.cell(row=12, column=2).value)
    x4=float(hoja.cell(row=13, column=2).value)
    for i in range(3,89):
        y1=float(hoja.cell(row=2, column=i).value)
        y2=float(hoja.cell(row=3, column=i).value)
        y3=float(hoja.cell(row=12, column=i).value)
        y4=float(hoja.cell(row=13, column=i).value)
        correlacion1=(dv-x1)*(y2-y1)/(x2-x1)+y1
        correlacion2=(dv-x3)*(y4-y3)/(x4-x3)+y3
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
```

```
if dv == 45:
```

```
    for i in range(3,89):
        correlacion1=float(hoja.cell(row=3, column=i).value)
        correlacion2=float(hoja.cell(row=13, column=i).value)
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
```

```
if 45<dv<90:
```

```
    x1=float(hoja.cell(row=3, column=2).value)
    x2=float(hoja.cell(row=4, column=2).value)
    x3=float(hoja.cell(row=13, column=2).value)
    x4=float(hoja.cell(row=14, column=2).value)
    for i in range(3,89):
        y1=float(hoja.cell(row=3, column=i).value)
        y2=float(hoja.cell(row=4, column=i).value)
```

```
y3=float(hoja.cell(row=13, column=i).value)
y4=float(hoja.cell(row=14, column=i).value)
correlacion1=(dv-x1)*(y2-y1)/(x2-x1)+y1
correlacion2=(dv-x3)*(y4-y3)/(x4-x3)+y3
print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)

if dv == 90:
    for i in range(3,89):
        correlacion1=float(hoja.cell(row=4, column=i).value)
        correlacion2=float(hoja.cell(row=14, column=i).value)
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)

if 90<dv<135:
    x1=float(hoja.cell(row=4, column=2).value)
    x2=float(hoja.cell(row=5, column=2).value)
    x3=float(hoja.cell(row=14, column=2).value)
    x4=float(hoja.cell(row=15, column=2).value)
    for i in range(3,89):
        y1=float(hoja.cell(row=4, column=i).value)
        y2=float(hoja.cell(row=5, column=i).value)
        y3=float(hoja.cell(row=14, column=i).value)
        y4=float(hoja.cell(row=15, column=i).value)
        correlacion1=(dv-x1)*(y2-y1)/(x2-x1)+y1
        correlacion2=(dv-x3)*(y4-y3)/(x4-x3)+y3
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)

if dv == 135:
    for i in range(3,89):
        correlacion1=float(hoja.cell(row=5, column=i).value)
```

```
    correlacion2=float(hoja.cell(row=15, column=i).value)
    print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
if 135<dv<180:
    x1=float(hoja.cell(row=5, column=2).value)
    x2=float(hoja.cell(row=6, column=2).value)
    x3=float(hoja.cell(row=15, column=2).value)
    x4=float(hoja.cell(row=16, column=2).value)
    for i in range(3,89):
        y1=float(hoja.cell(row=5, column=i).value)
        y2=float(hoja.cell(row=6, column=i).value)
        y3=float(hoja.cell(row=15, column=i).value)
        y4=float(hoja.cell(row=16, column=i).value)
        correlacion1=(dv-x1)*(y2-y1)/(x2-x1)+y1
        correlacion2=(dv-x3)*(y4-y3)/(x4-x3)+y3
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
if dv == 180:
    for i in range(3,89):
        correlacion1=float(hoja.cell(row=6, column=i).value)
        correlacion2=float(hoja.cell(row=16, column=i).value)
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
if 180<dv<225:
    x1=float(hoja.cell(row=6, column=2).value)
    x2=float(hoja.cell(row=7, column=2).value)
    x3=float(hoja.cell(row=16, column=2).value)
    x4=float(hoja.cell(row=17, column=2).value)
    for i in range(3,89):
```

```
y1=float(hoja.cell(row=6, column=i).value)
y2=float(hoja.cell(row=7, column=i).value)
y3=float(hoja.cell(row=16, column=i).value)
y4=float(hoja.cell(row=17, column=i).value)
correlacion1=(dv-x1)*(y2-y1)/(x2-x1)+y1
correlacion2=(dv-x3)*(y4-y3)/(x4-x3)+y3
print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)

if dv == 225:
    for i in range(3,89):
        correlacion1=float(hoja.cell(row=7, column=i).value)
        correlacion2=float(hoja.cell(row=17, column=i).value)
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)

if 225<dv<270:
    x1=float(hoja.cell(row=7, column=2).value)
    x2=float(hoja.cell(row=8, column=2).value)
    x3=float(hoja.cell(row=17, column=2).value)
    x4=float(hoja.cell(row=18, column=2).value)
    for i in range(3,89):
        y1=float(hoja.cell(row=7, column=i).value)
        y2=float(hoja.cell(row=8, column=i).value)
        y3=float(hoja.cell(row=17, column=i).value)
        y4=float(hoja.cell(row=18, column=i).value)
        correlacion1=(dv-x1)*(y2-y1)/(x2-x1)+y1
        correlacion2=(dv-x3)*(y4-y3)/(x4-x3)+y3
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)

if dv == 270:
```

```
for i in range(3,89):
    correlacion1=float(hoja.cell(row=8, column=i).value)
    correlacion2=float(hoja.cell(row=18, column=i).value)
    print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
if 270<dv<315:
    x1=float(hoja.cell(row=8, column=2).value)
    x2=float(hoja.cell(row=9, column=2).value)
    x3=float(hoja.cell(row=18, column=2).value)
    x4=float(hoja.cell(row=19, column=2).value)
    for i in range(3,89):
        y1=float(hoja.cell(row=8, column=i).value)
        y2=float(hoja.cell(row=9, column=i).value)
        y3=float(hoja.cell(row=18, column=i).value)
        y4=float(hoja.cell(row=19, column=i).value)
        correlacion1=(dv-x1)*(y2-y1)/(x2-x1)+y1
        correlacion2=(dv-x3)*(y4-y3)/(x4-x3)+y3
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
if dv == 315:
    for i in range(3,89):
        correlacion1=float(hoja.cell(row=9, column=i).value)
        correlacion2=float(hoja.cell(row=19, column=i).value)
        print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
if 315<dv<360:
    x1=float(hoja.cell(row=9, column=2).value)
    x2=float(hoja.cell(row=10, column=2).value)
    x3=float(hoja.cell(row=19, column=2).value)
```

```
x4=float(hoja.cell(row=20, column=2).value)
for i in range(3,89):
    y1=float(hoja.cell(row=9, column=i).value)
    y2=float(hoja.cell(row=10, column=i).value)
    y3=float(hoja.cell(row=19, column=i).value)
    y4=float(hoja.cell(row=20, column=i).value)
    correlacion1=(dv-x1)*(y2-y1)/(x2-x1)+y1
    correlacion2=(dv-x3)*(y4-y3)/(x4-x3)+y3
    print(postes[i-3],vv*correlacion1,dv+correlacion2)
```

A través de este código se obtienen la velocidad y la dirección del viento en cada apoyo de la línea, extrapolando los datos reales proporcionados por una de las estaciones meteorológicas.

A continuación se muestra un ejemplo. Primero se debe señalar si es una simulación de masa o de masa y momentos (para el script la única diferencia entre ambas simulaciones es que las correlaciones están guardadas en distintos archivos Excel), a continuación el número de la estación meteorológica de la que se obtienen los datos, y por último, las condiciones del viento en la estación (velocidad y dirección).

El ejemplo será una simulación de masa y momentos, una velocidad de viento de 16 km/h, una dirección de 95° en la estación meteorológica 3.



```

Python 3.6.1 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help

Python 3.6.1 (v3.6.1:69c0db5, Mar 21 2017, 18:41:36) [MSC v.1900 64 bit (AMD64)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
== RESTART: C:\Users\milio\Desktop\Correlaciones\Definitiva Masa y Momento.py ==
¿Simulación de masa o masa y momentos? [1=Masa, 2=Masa y Momento]
Introducir el tipo de simulación: 2
Estación meteorológica de donde proceden los datos [1=T14(EM1), 2=T37(EM2), 3=T44(EM3), 4=T55(EM4), 5=T71(EM5), 6=T83(EM6)]
Introducir el número de la estación meteorológica: 3
Introducir la velocidad del viento en la estación meteorológica(km/h): 16
Introducir la dirección del viento en la estación meteorológica(°): 95
T1 19.934556899959347 96.77777777777777
T2 19.761939279215976 97.55555555555556
T3 17.311363444980863 100.55555555555556
T4 16.49618152127634 99.77777777777777
T5 16.14948159407296 97.88888888888889
T6 15.50469767163873 96.77777777777777
T7 18.153356200179935 96.77777777777777
T8 16.769316094599496 94.22222222222223
T9 16.936956994384577 91.44444444444444
T10 16.654690412999788 90.44444444444444
T11 16.98876448463937 92.22222222222223
T12 17.34068635532305 92.11111111111111
T13 16.367349146804525 92.22222222222223
T14(EM1) 17.05966298988517 93.0
T15 17.04746740916054 93.0
T16 18.668958467329425 94.77777777777777
T17 18.60298858385266 93.88888888888889
T18 18.27461826658923 93.77777777777777
T19 18.823506014564163 93.88888888888889
T20 19.206622488992917 93.88888888888889
T21 18.97644843499872 93.77777777777777
T22 18.76074725456201 94.66666666666667
T23 17.870106131756266 93.77777777777777
T24 17.870106131756266 93.77777777777777
T25 17.344648224236817 93.88888888888889
T26 17.22286557734193 96.55555555555556
T27 17.329915626399824 97.55555555555556
T28 17.49560524256779 96.55555555555556
T29 18.514385588744272 94.77777777777777
T30 18.958386471681536 94.77777777777777
T31 18.686199909572213 94.77777777777777
T32 18.54622222222222 94.22222222222223
Ln: 97 Col: 4

```

Figura 55. Ejemplo 1

13. CONCLUSIONES

El Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria trabaja en colaboración con Viesgo en varios proyectos relacionados con la integración de energías renovables en la red. La idea inicial del presente trabajo era introducir la utilización de herramientas GIS para la visualización y análisis de datos georeferenciados.

El objetivo principal consistía en poder extrapolar las condiciones del viento obtenidas en las estaciones meteorológicas al resto de la línea, haciendo uso de los programas QGIS y WindNinja.

Conocer las condiciones del viento a lo largo de la línea permite calcular la refrigeración producida por convección, y así poder controlar los puntos críticos de la línea y maximizar la capacidad de transmisión.

Hay otros factores que afectan a la temperatura de los conductores (radiación solar, radiación emitida por la superficie del conductor) pero su relevancia en el balance térmico del conductor es mínima en comparación con el efecto producido por la convección del viento.

Como se puede ver en el último apartado de la memoria, el resultado final es el deseado desde el punto de partida. Se obtienen las condiciones del viento (velocidad y dirección) para cada localización geográfica deseada (en este caso cada apoyo). Con estos datos se pueden obtener importantes mejoras en el nivel de ampacidad de la línea.

El trabajo está realizado sobre una línea eléctrica en concreto (Maria-Fuendetodos), pero es aplicable a cualquier otra línea. Únicamente varía la localización de cada línea pero los pasos a seguir son similares en todos los casos.

La ejecución del proyecto resulta aun mas interesante en casos donde no se disponga de tantas estaciones meteorológicas (habitualmente solo hay estación meteorológica en el principio y final de línea).

Las posibilidades de mejora del proyecto pasan por aumentar el número de simulaciones efectuadas en el caso de masa y momentos (sería necesario disponer de un equipo informático simulando durante algunos días) para así minimizar el error asumido en las correlaciones. También se podrían incluir puntos intermedios entre apoyo y apoyo para disponer de mayor control de las condiciones del viento.

Otra opción sería completar el trabajo teniendo en cuenta el resto de factores meteorológicos que afectan a la temperatura de los conductores.

Las dudas que puedan generar los resultados obtenidos estarán ligadas a la precisión de las simulaciones generadas con WindNinja.

Personalmente el trabajo me ha permitido conocer un software como QGIS, del que no tenía conocimiento, que tiene infinidad de aplicaciones. QGIS se puede emplear en todos los temas en los que se deban contestar preguntas acerca de la localización, condiciones, tendencia, distribución o modelización. Por tanto puede resultar muy útil en el tema de redes de distribución.

También me permitió mejorar mis habilidades en Python y conocer otro software como WindNinja, que a diferencia de QGIS su campo de aplicación es mas concreto.

14. ANEXOS

En el siguiente punto se mostraran las muestras completas de los extractos de las tablas de Excel que aparecen a lo largo del proyecto.

14.1. ANEXO A: DATOS DE LOS APOYOS

Nº	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Huso
T1	669,242.7	4,578,329.5	761.9	30
T2	668,977.5	4,578,307.4	761.1	30
T3	668,547.9	4,578,350.9	707.5	30
T4	668,172.6	4,578,388.8	682.6	30
T5	667,798.4	4,578,426.6	674.7	30
T6	667,413.0	4,578,465.6	654.5	30
T7	667,182.2	4,578,589.5	642.1	30
T8	666,922.9	4,578,728.7	631.3	30
T9	666,814.0	4,579,087.7	627.6	30
T10	666,694.8	4,579,480.9	621.3	30
T11	666,617.1	4,579,737.2	610.3	30
T12	666,525.0	4,580,040.8	603.1	30
T13	666,434.3	4,580,340.2	598.2	30
T14 (EM 1)	666,325.7	4,580,698.2	590.8	30
T15	666,088.7	4,581,060.2	587.2	30
T16	665,851.6	4,581,422.4	581.2	30
T17	665,663.8	4,581,709.3	579.9	30
T18	665,480.4	4,581,989.4	567.1	30
T19	665,279.9	4,582,295.6	569.9	30
T20	665,093.0	4,582,581.2	561.4	30
T21	664,901.5	4,582,873.6	559.8	30
T22	664,716.5	4,583,156.2	555.9	30
T23	664,442.1	4,583,316.0	549.8	30
T24	664,291.8	4,583,403.5	549.6	30
T25	664,054.8	4,583,413.3	529.9	30
T26	663,753.6	4,583,208.4	498.3	30
T27	663,558.2	4,583,075.5	525.2	30
T28	663,240.1	4,583,118.2	540.5	30
T29	662,951.8	4,583,220.8	541.7	30
T30	662,712.7	4,583,306.0	537.0	30
T31	662,420.8	4,583,409.9	540.9	30
T32	662,161.4	4,583,502.3	537.2	30
T33	661,797.9	4,583,631.7	548.1	30
T34	661,645.9	4,583,869.1	536.9	30
T35	661,454.0	4,584,168.7	534.1	30
T36	661,262.1	4,584,468.5	528.8	30
T37 (EM2)	661,085.0	4,584,745.1	525.0	30
T38	660,731.2	4,584,915.8	511.4	30
T39	660,286.6	4,585,130.4	523.8	30
T40	659,924.9	4,585,305.0	539.1	30
T41	659,560.3	4,585,480.9	562.4	30
T42	659,245.6	4,585,632.8	557.2	30
T43	658,917.2	4,585,791.3	550.9	30
T44 (EM3)	658,612.4	4,585,938.4	548.0	30
T45	658,380.5	4,586,213.3	544.7	30
T46	658,108.4	4,586,535.7	544.0	30
T47	657,823.4	4,586,873.4	546.9	30
T48	657,853.8	4,587,308.5	536.5	30
T49	657,884.3	4,587,743.8	553.2	30
T50	657,914.3	4,588,173.6	536.5	30
T51	657,942.8	4,588,581.5	553.8	30
T52	658,131.2	4,588,857.7	558.3	30
T53	658,409.8	4,589,177.2	510.1	30
T54	658,730.4	4,589,544.9	487.6	30
T55 (EM4)	658,942.8	4,589,788.4	482.9	30
T56	659,199.3	4,589,910.9	476.3	30
T57	659,489.7	4,590,049.5	479.0	30
T58	659,808.7	4,590,201.7	497.4	30
T59	659,990.0	4,590,288.3	466.2	30
T60	660,396.9	4,590,482.4	447.4	30
T61	660,711.1	4,590,632.4	433.4	30
T62	660,955.6	4,590,862.5	424.8	30
T63	661,229.4	4,591,119.9	440.7	30
T64	661,485.5	4,591,437.5	462.2	30
T65	661,763.5	4,591,782.2	463.7	30
T66	661,986.9	4,592,059.1	498.9	30
T67	662,087.3	4,592,429.9	482.3	30
T68	662,179.0	4,592,769.1	467.9	30
T69	662,260.6	4,593,070.4	457.2	30
T70	662,344.1	4,593,379.0	455.2	30
T71 (EM5)	662,525.5	4,593,714.9	452.3	30
T72	662,831.8	4,593,901.5	450.4	30
T73	663,115.4	4,594,074.3	452.0	30
T74	663,385.4	4,594,238.8	436.9	30
T75	663,668.8	4,594,411.5	442.5	30
T76	664,040.4	4,594,637.9	443.0	30
T77	664,351.9	4,594,827.7	440.3	30
T78	664,704.3	4,595,042.4	427.2	30
T79	665,060.0	4,595,259.1	419.9	30
T80	665,387.6	4,595,458.7	417.3	30
T81	665,597.6	4,595,734.4	410.4	30
T82	665,776.2	4,595,968.7	396.8	30
T83 (EM6)	665,984.4	4,596,242.0	413.7	30
T84	666,077.6	4,596,471.2	406.1	30
T85	666,080.9	4,596,766.3	409.9	30
T86	665,957.1	4,596,910.3	418.4	30

14.2. ANEXO B: DISTANCIA ENTRE APOYOS, DIFERENCIA DE ALTITUD Y PENDIENTE MEDIA

Apoysos	Apoysos	Distancia (m)	Diferencia altitud (m)	Pendiente Media (%)
T1	T2	266.057561	0.74	0.278135302
T2	T3	431.8578315	53.6	12.41149195
T3	T4	377.1744373	24.97	6.620278982
T4	T5	376.1191004	7.85	2.087104853
T5	T6	387.3674051	20.19	5.212106062
T6	T7	262.0041429	12.38	4.725116123
T7	T8	294.2314415	10.89	3.701168014
T8	T9	375.1755272	3.68	0.980874213
T9	T10	410.86639	6.31	1.535779064
T10	T11	267.7716342	10.96	4.093039963
T11	T12	317.2415608	7.17	2.260107403
T12	T13	312.8755863	4.96	1.585294672
T13	T14(EM1)	374.1524971	7.36	1.967112356
T14(EM1)	T15	432.6080321	3.58	0.827538958
T15	T16	432.9728675	5.98	1.381148901
T16	T17	342.8891854	1.31	0.382047628
T17	T18	334.8365478	12.82	3.828733776
T18	T19	365.9202527	-2.81	-0.767926886
T19	T20	341.3327562	8.51	2.493168278
T20	T21	349.5272953	1.61	0.460622109
T21	T22	337.8117824	3.93	1.163369724
T22	T23	317.5069816	6.09	1.918068059
T23	T24	173.9355186	0.15	0.086238855
T24	T25	237.2384269	19.7	8.303882409
T25	T26	364.2109208	31.62	8.681782504
T26	T27	236.3186637	-26.89	-11.378703348
T27	T28	320.9915384	-15.32	-4.77271148
T28	T29	306.0112884	-1.13	-0.369267423
T29	T30	253.783266	4.65	1.832272109
T30	T31	309.867051	-3.89	-1.2553771
T31	T32	275.410016	3.66	1.328927703
T32	T33	385.7687425	-10.85	-2.812565873
T33	T34	281.9114998	11.23	3.983519653
T34	T35	355.8404994	2.78	0.781248904
T35	T36	355.9259394	5.24	1.472216385
T36	T37(EM2)	328.4211078	3.85	1.172275444
T37(EM2)	T38	392.8140579	13.62	3.467289351
T38	T39	493.6955483	-12.47	-2.525848176
T39	T40	401.6587576	-15.23	-3.791775907
T40	T41	404.7841841	-23.37	-5.773446917
T41	T42	349.4391404	5.28	1.510992728
T42	T43	364.6410389	6.28	1.722241693
T43	T44(EM3)	338.4384797	2.85	0.842102825
T44(EM3)	T45	359.6849898	3.35	0.931370531
T45	T46	421.8732908	0.69	0.163556218
T46	T47	441.8912766	-2.89	-0.654007027
T47	T48	436.0899443	10.34	2.371070495
T48	T49	436.402698	-16.64	-3.812992009
T49	T50	430.841168	16.66	3.866854246
T50	T51	408.8937802	-17.3	-4.230927648
T51	T52	334.3136889	-4.48	-1.340058798
T52	T53	423.8811495	48.23	11.3781894
T53	T54	487.8588585	22.42	4.595591452
T54	T55(EM4)	323.1352223	4.73	1.46378348
T55(EM4)	T56	284.2689865	6.65	2.33933363
T56	T57	321.7862103	-2.7	-0.839066409
T57	T58	353.5025035	-18.47	-5.224856916
T58	T59	200.8499486	31.29	15.57879413
T59	T60	450.816279	18.76	4.161340412
T60	T61	348.1584579	13.99	4.018285261
T61	T62	335.7760974	8.55	2.546339679
T62	T63	375.8291121	-15.81	-4.206699133
T63	T64	407.9737324	-21.58	-5.289556235
T64	T65	442.7837359	-1.48	-0.334248953
T65	T66	355.8460476	-35.15	-9.877867194
T66	T67	384.1247706	16.62	4.326719147
T67	T68	351.3391492	14.37	4.090065121
T68	T69	312.1979141	10.7	3.427313097
T69	T70	319.6952397	2.03	0.634979739
T70	T71(EM5)	381.7684793	2.86	0.749145138
T71(EM5)	T72	358.6785174	1.88	0.52414625
T72	T73	332.0230783	-1.6	-0.481894213
T73	T74	316.1534345	15.12	4.782487979
T74	T75	331.8953048	-5.64	-1.69933106
T75	T76	435.1702778	-0.42	-0.096513944
T76	T77	364.702029	2.62	0.718394687
T77	T78	412.6418732	13.12	3.179512515
T78	T79	416.5555666	7.31	1.754867918
T79	T80	383.6066665	2.64	0.688204932
T80	T81	346.5807138	6.87	1.982222244
T81	T82	294.6604839	13.57	4.605300249
T82	T83(EM6)	343.5055444	-16.86	-4.90821772
T83(EM6)	T84	247.4476024	7.56	3.055192261
T84	T85	295.1544374	-3.76	-1.273909359
T85	T86	189.8524754	-8.5	-4.47716048

14.3 ANEXO C: VELOCIDAD DEL VIENTO EN FUNCION DE LA MALLA PARA UNA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA

Con vientos diarios, malla de 63 metros y conservación de masa y momentos											
Aragón 0 15 0° 01-15-2017 1400 63m Mass and Momentum			Aragón 0 15 15° 04-15-2017 1400 63m Mass and Momentum			Aragón 0 15 30° 07-15-2017 1400 63m Mass and Momentum			Diferencias		
Apoyo	Velocidad Viento		Velocidad Viento		Velocidad Viento		Velocidad Viento		0° - 15°	0° - 30°	15° - 30°
T1	15.918495	15.866029	15.918495	15.866029	15.918495	15.866029	15.918495	15.866029	0.052466	0.06111	0.008644
T2	13.53863	13.509473	13.53863	13.509473	13.53863	13.509473	13.53863	13.509473	0.029157	0.034152	0.004995
T3	12.343404	12.308057	12.343404	12.308057	12.343404	12.308057	12.343404	12.308057	0.035347	0.042685	0.007338
T4	18.032383	18.032383	18.032383	18.032383	18.032383	18.032383	18.032383	18.032383	0.000000	0.000000	0.000000
T5	9.374515	9.381491	9.374515	9.381491	9.374515	9.381491	9.374515	9.381491	-0.006976	0.006976	0.000000
T6	10.092612	10.092612	10.092612	10.092612	10.092612	10.092612	10.092612	10.092612	0.000000	0.000000	0.000000
T7	17.072922	17.072922	17.072922	17.072922	17.072922	17.072922	17.072922	17.072922	0.000000	0.000000	0.000000
T8	17.646195	17.646195	17.646195	17.646195	17.646195	17.646195	17.646195	17.646195	0.000000	0.000000	0.000000
T9	16.952981	16.952981	16.952981	16.952981	16.952981	16.952981	16.952981	16.952981	0.000000	0.000000	0.000000
T10	16.130714	16.130714	16.130714	16.130714	16.130714	16.130714	16.130714	16.130714	0.000000	0.000000	0.000000
T11	16.420703	16.420703	16.420703	16.420703	16.420703	16.420703	16.420703	16.420703	0.000000	0.000000	0.000000
T12	15.373463	15.373463	15.373463	15.373463	15.373463	15.373463	15.373463	15.373463	0.000000	0.000000	0.000000
T13	16.98872	16.98872	16.98872	16.98872	16.98872	16.98872	16.98872	16.98872	0.000000	0.000000	0.000000
T15	16.25329	16.25329	16.25329	16.25329	16.25329	16.25329	16.25329	16.25329	0.000000	0.000000	0.000000
T16	15.891229	15.879544	15.891229	15.879544	15.891229	15.879544	15.891229	15.879544	0.011685	-0.011685	0.000000
T17	15.874035	15.88343	15.874035	15.88343	15.874035	15.88343	15.874035	15.88343	-0.009395	0.009395	0.000000
T18	15.719729	15.719729	15.719729	15.719729	15.719729	15.719729	15.719729	15.719729	0.000000	0.000000	0.000000
T19	14.999134	15.042648	14.999134	15.042648	14.999134	15.042648	14.999134	15.042648	-0.043514	0.043514	0.000000
T20	14.733721	14.733721	14.733721	14.733721	14.733721	14.733721	14.733721	14.733721	0.000000	0.000000	0.000000
T21	14.758764	14.739714	14.758764	14.739714	14.758764	14.739714	14.758764	14.739714	0.01905	-0.01905	0.000000
T22	14.042189	14.039265	14.042189	14.039265	14.042189	14.039265	14.042189	14.039265	0.002924	-0.002924	0.000000
T23	11.514491	11.508379	11.514491	11.508379	11.514491	11.508379	11.514491	11.508379	0.006112	-0.006112	0.000000
T24	10.340789	10.338621	10.340789	10.338621	10.340789	10.338621	10.340789	10.338621	0.002168	-0.002168	0.000000
T25	10.86662	10.851157	10.86662	10.851157	10.86662	10.851157	10.86662	10.851157	0.015463	-0.015463	0.000000
T26	12.559153	12.548628	12.559153	12.548628	12.559153	12.548628	12.559153	12.548628	0.010525	-0.010525	0.000000
T27	10.19372	10.216322	10.19372	10.216322	10.19372	10.216322	10.19372	10.216322	-0.022602	0.022602	0.000000
T28	14.869286	14.894709	14.869286	14.894709	14.869286	14.894709	14.869286	14.894709	-0.025423	0.025423	0.000000
T29	14.909599	14.978645	14.909599	14.978645	14.909599	14.978645	14.909599	14.978645	-0.069046	0.069046	0.000000
T30	14.000786	14.043407	14.000786	14.043407	14.000786	14.043407	14.000786	14.043407	-0.042621	0.042621	0.000000
T31	13.553783	13.564741	13.553783	13.564741	13.553783	13.564741	13.553783	13.564741	-0.010958	0.010958	0.000000
T32	13.173569	13.186258	13.173569	13.186258	13.173569	13.186258	13.173569	13.186258	-0.012689	0.012689	0.000000
T33	11.67388	11.705828	11.67388	11.705828	11.67388	11.705828	11.67388	11.705828	-0.03194	0.03194	0.000000
T34	11.169669	11.159454	11.169669	11.159454	11.169669	11.159454	11.169669	11.159454	0.010215	-0.010215	0.000000
T35	11.435411	11.434462	11.435411	11.434462	11.435411	11.434462	11.435411	11.434462	0.000949	-0.000949	0.000000
T36	10.381322	10.409939	10.381322	10.409939	10.381322	10.409939	10.381322	10.409939	-0.028617	0.028617	0.000000
T38	7.782532	7.782532	7.782532	7.782532	7.782532	7.782532	7.782532	7.782532	0.000000	0.000000	0.000000
T39	8.834101	8.794079	8.834101	8.794079	8.834101	8.794079	8.834101	8.794079	0.040022	-0.040022	0.000000
T40	9.186929	9.155997	9.186929	9.155997	9.186929	9.155997	9.186929	9.155997	0.030932	-0.030932	0.000000
T41	8.946547	8.948214	8.946547	8.948214	8.946547	8.948214	8.946547	8.948214	-0.001667	0.001667	0.000000
T42	11.588108	11.565237	11.588108	11.565237	11.588108	11.565237	11.588108	11.565237	0.022871	-0.022871	0.000000
T43	11.472859	11.480552	11.472859	11.480552	11.472859	11.480552	11.472859	11.480552	-0.007693	0.007693	0.000000
T45	11.895275	11.891341	11.895275	11.891341	11.895275	11.891341	11.895275	11.891341	0.003934	-0.003934	0.000000
T46	12.76676	12.807587	12.76676	12.807587	12.76676	12.807587	12.76676	12.807587	-0.040827	0.040827	0.000000
T47	12.525331	12.482091	12.525331	12.482091	12.525331	12.482091	12.525331	12.482091	0.04324	-0.04324	0.000000
T48	14.939721	15.033742	14.939721	15.033742	14.939721	15.033742	14.939721	15.033742	-0.094021	0.094021	0.000000
T49	13.785793	13.954212	13.785793	13.954212	13.785793	13.954212	13.785793	13.954212	-0.168419	0.168419	0.000000
T50	14.904813	15.023839	14.904813	15.023839	14.904813	15.023839	14.904813	15.023839	-0.119026	0.119026	0.000000
T51	17.754847	17.848648	17.754847	17.848648	17.754847	17.848648	17.754847	17.848648	-0.093801	0.093801	0.000000
T52	17.8294	17.865258	17.8294	17.865258	17.8294	17.865258	17.8294	17.865258	-0.035868	0.035868	0.000000
T53	16.491912	16.524606	16.491912	16.524606	16.491912	16.524606	16.491912	16.524606	-0.032694	0.032694	0.000000
T54	15.742429	15.729364	15.742429	15.729364	15.742429	15.729364	15.742429	15.729364	0.013065	-0.013065	0.000000
T56	14.740633	14.733883	14.740633	14.733883	14.740633	14.733883	14.740633	14.733883	0.00675	-0.00675	0.000000
T57	14.984065	15.001518	14.984065	15.001518	14.984065	15.001518	14.984065	15.001518	-0.017453	0.017453	0.000000
T58	14.460677	14.513767	14.460677	14.513767	14.460677	14.513767	14.460677	14.513767	-0.05309	0.05309	0.000000
T59	15.394303	15.446674	15.394303	15.446674	15.394303	15.446674	15.394303	15.446674	-0.052371	0.052371	0.000000
T60	12.820376	12.822209	12.820376	12.822209	12.820376	12.822209	12.820376	12.822209	-0.001833	0.001833	0.000000
T61	12.083521	12.096647	12.083521	12.096647	12.083521	12.096647	12.083521	12.096647	-0.013126	0.013126	0.000000
T62	11.342278	11.322713	11.342278	11.322713	11.342278	11.322713	11.342278	11.322713	0.019565	-0.019565	0.000000
T63	13.249663	13.262847	13.249663	13.262847	13.249663	13.262847	13.249663	13.262847	-0.013182	0.013182	0.000000
T64	15.714651	15.671383	15.714651	15.671383	15.714651	15.671383	15.714651	15.671383	0.043268	-0.043268	0.000000
T65	17.325797	17.32074	17.325797	17.32074	17.325797	17.32074	17.325797	17.32074	0.005057	-0.005057	0.000000
T66	17.583999	17.602322	17.583999	17.602322	17.583999	17.602322	17.583999	17.602322	-0.018323	0.018323	0.000000
T67	17.364399	17.27849	17.364399	17.27849	17.364399	17.27849	17.364399	17.27849	0.085909	-0.085909	0.000000
T68	16.501152	16.50705	16.501152	16.50705	16.501152	16.50705	16.501152	16.50705	-0.005898	0.005898	0.000000
T69	15.68931	15.712366	15.68931	15.712366	15.68931	15.712366	15.68931	15.712366	-0.023057	0.023057	0.000000
T70	16.338674	16.353676	16.338674	16.353676	16.338674	16.353676	16.338674	16.353676	-0.015002	0.015002	0.000000
T72	16.061779	16.05081	16.061779	16.05081	16.061779	16.05081	16.061779	16.05081	0.010969	-0.010969	0.000000
T73	16.655987	16.65904	16.655987	16.65904	16.655987	16.65904	16.655987	16.65904	-0.003053	0.003053	0.000000
T74	16.06652	16.077322	16.06652	16.077322	16.06652	16.077322	16.06652	16.077322	-0.010802	0.010802	0.000000
T75	16.439459	16.430404	16.439459	16.430404	16.439459	16.430404	16.439459	16.430404	0.009055	-0.009055	0.000000
T76	17.008289	17.039562	17.008289	17.039562	17.008289	17.039562	17.008289	17.039562	-0.031273	0.031273	0.000000
T77	16.103084	16.086154	16.103084	16.086154	16.103084	16.086154	16.103084	16.086154	0.01693	-0.01693	0.000000
T78	16.972311	16.995502	16.972311	16.995502	16.972311	16.995502	16.972311	16.995502	-0.023191	0.023191	0.000000</

14.4. ANEXO D: VELOCIDAD DEL VIENTO PARA UNA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA CON VIENTOS DIURNOS

Con vientos diurnos, malla de 63 metros y solo conservación de masa												
Aragon 0 15 0° 01-15-2017 1401 63m Mass			Aragon 0 15 15° 04-15-2017 1401 63m Mass			Diferencias			Valor Absoluto Diferencias			
Apoyo	Velocidad Viento	Velocidad Viento	Velocidad Viento	0° - 15°	0° - 30°	15° - 30°	0° - 15°	0° - 30°	15° - 30°	Dif. Max. 0-3	0.141612	
T1	14.918136	14.875791	14.868584	0.042345	0.049552	0.007207	0.042345	0.049552	0.007207	Dif. Max. 0-3	0.156158	
T2	14.390515	14.368445	14.368496	0.02207	0.025569	0.003499	0.02207	0.025569	0.003499	Dif. Max. 15	0.020969	
T3	17.336868	17.283104	17.277144	0.053764	0.059724	0.00596	0.053764	0.059724	0.00596			
T4	16.445411	16.359849	16.350749	0.085562	0.094662	0.0091	0.085562	0.094662	0.0091			
T5	13.891699	13.820593	13.806206	0.071106	0.083493	0.012387	0.071106	0.083493	0.012387			
T6	13.841319	13.828429	13.824533	0.01289	0.016786	0.003896	0.01289	0.016786	0.003896			
T7	15.622005	15.562108	15.545931	0.059897	0.067074	0.007177	0.059897	0.067074	0.007177			
T8	15.185489	15.167605	15.166071	0.017894	0.019418	0.001534	0.017894	0.019418	0.001534			
T9	15.132451	15.105658	15.101184	0.026793	0.031267	0.004474	0.026793	0.031267	0.004474			
T10	14.727343	14.742295	14.742261	-0.014865	-0.014931	-6.6E-05	0.014865	0.014931	6.6E-05			
T11	15.115068	15.140418	15.146273	-0.02535	-0.031205	-0.005855	0.02535	0.031205	0.005855			
T12	13.894426	13.918901	13.922689	-0.024475	-0.028263	-0.003788	0.024475	0.028263	0.003788			
T13	15.002939	14.990568	14.988432	0.012371	0.014507	0.002136	0.012371	0.014507	0.002136			
T15	14.441964	14.447193	14.448154	-0.005229	-0.006619	-0.000961	0.005229	0.006619	0.000961			
T16	14.894941	14.870402	14.86552	0.024521	0.029371	0.00485	0.024521	0.029371	0.00485			
T17	14.179797	14.213848	14.218461	-0.034051	-0.038664	-0.004613	0.034051	0.038664	0.004613			
T18	14.632286	14.61683	14.616444	0.016456	0.016842	0.000386	0.016456	0.016842	0.000386			
T19	15.114056	15.112616	15.115275	0.00144	-0.001219	-0.002659	0.00144	0.001219	0.002659			
T20	15.017805	15.016018	15.013738	0.001787	0.004067	0.00228	0.001787	0.004067	0.00228			
T21	15.012576	14.976811	14.973211	0.035765	0.039365	0.0036	0.035765	0.039365	0.0036			
T22	15.358785	15.397574	15.400371	-0.038789	-0.041586	-0.002797	0.038789	0.041586	0.002797			
T23	13.746475	13.888087	13.902633	-0.141612	-0.156158	-0.014546	0.141612	0.156158	0.014546			
T24	11.919504	11.905946	11.914222	-0.086442	-0.094718	-0.008276	0.086442	0.094718	0.008276			
T25	14.060145	14.087797	14.091366	-0.027652	-0.031221	-0.003569	0.027652	0.031221	0.003569			
T26	14.644984	14.648971	14.648003	-0.003987	-0.003019	0.000968	0.003987	0.003019	0.000968			
T27	13.587526	13.67549	13.684682	-0.087964	-0.097156	-0.009192	0.087964	0.097156	0.009192			
T28	14.366811	14.422514	14.427221	-0.055703	-0.06041	-0.004707	0.055703	0.06041	0.004707			
T29	15.286592	15.274674	15.271713	0.011918	0.014879	0.002961	0.011918	0.014879	0.002961			
T30	14.964138	14.977716	14.980068	-0.013578	-0.01593	-0.002352	0.013578	0.01593	0.002352			
T31	15.149536	15.151424	15.151963	-0.001888	-0.002427	-0.000539	0.001888	0.002427	0.000539			
T32	14.716398	14.730624	14.732701	-0.014226	-0.016303	-0.002077	0.014226	0.016303	0.002077			
T33	14.746983	14.74314	14.77957	-0.027331	-0.032587	-0.005256	0.027331	0.032587	0.005256			
T34	14.920064	14.923751	14.924174	-0.003687	-0.00441	-0.000423	0.003687	0.00441	0.000423			
T35	14.952705	14.943306	14.942305	0.009399	0.0104	0.001001	0.009399	0.0104	0.001001			
T36	14.938192	14.949764	14.952925	-0.011572	-0.014733	-0.003161	0.011572	0.014733	0.003161			
T38	14.274683	14.264831	14.264831	0.011274	0.009852	-0.001422	0.011274	0.009852	0.001422			
T39	14.656229	14.657412	14.658071	-0.001183	-0.001842	-0.000659	0.001183	0.001842	0.000659			
T40	13.826694	13.858521	13.865197	-0.031837	-0.038513	-0.006676	0.031837	0.038513	0.006676			
T41	14.943601	14.84626	14.825291	0.097341	0.11831	0.020969	0.097341	0.11831	0.020969			
T42	14.179196	14.158962	14.156774	0.020234	0.022422	0.002188	0.020234	0.022422	0.002188			
T43	14.792558	14.787099	14.786958	0.005459	0.0056	0.000141	0.005459	0.0056	0.000141			
T45	14.477794	14.487379	14.489556	-0.009585	-0.011762	-0.002177	0.009585	0.011762	0.002177			
T46	14.336645	14.352546	14.356296	-0.019901	-0.019651	-0.00375	0.019901	0.019651	0.00375			
T47	14.207142	14.230751	14.234081	-0.023609	-0.026939	-0.00333	0.023609	0.026939	0.00333			
T48	15.83303	15.81965	15.820268	0.01338	0.012762	-0.000618	0.01338	0.012762	0.000618			
T49	14.160819	14.195979	14.199009	-0.03516	-0.03819	-0.00303	0.03516	0.03819	0.00303			
T50	14.669109	14.640233	14.637935	0.028876	0.031174	0.002298	0.028876	0.031174	0.002298			
T51	15.645351	15.645987	15.660942	-0.009636	-0.015591	-0.005955	0.009636	0.015591	0.005955			
T52	15.891462	15.85222	15.845408	0.039242	0.046054	0.006812	0.039242	0.046054	0.006812			
T53	14.678782	14.69499	14.696014	-0.016208	-0.017232	-0.001024	0.016208	0.017232	0.001024			
T54	14.874525	14.857562	14.853152	0.018763	0.021373	0.00261	0.018763	0.021373	0.00261			
T56	14.867799	14.856418	14.854809	0.011381	0.01299	0.001609	0.011381	0.01299	0.001609			
T57	15.223674	15.191498	15.186477	0.032176	0.037197	0.005021	0.032176	0.037197	0.005021			
T58	15.441363	15.446712	15.447952	-0.005349	-0.006589	-0.00124	0.005349	0.006589	0.00124			
T59	15.321158	15.313977	15.313217	0.007181	0.007941	0.00076	0.007181	0.007941	0.00076			
T60	14.899323	14.890675	14.887937	0.008648	0.011386	0.002738	0.008648	0.011386	0.002738			
T61	14.639191	14.638927	14.660519	-0.019736	-0.021328	-0.001592	0.019736	0.021328	0.001592			
T62	14.704012	14.7069	14.707517	-0.002888	-0.003526	-0.000637	0.002888	0.003526	0.000637			
T63	14.338254	14.368932	14.375727	-0.030678	-0.037473	-0.006795	0.030678	0.037473	0.006795			
T64	13.556413	13.573028	13.575496	-0.016615	-0.019083	-0.002468	0.016615	0.019083	0.002468			
T65	15.816555	15.743989	15.735677	0.072566	0.080878	0.008312	0.072566	0.080878	0.008312			
T66	15.412564	15.400998	15.401794	0.011566	0.01077	-0.000796	0.011566	0.01077	0.000796			
T67	15.031286	15.03417	15.034107	-0.002884	-0.002821	6.3E-05	0.002884	0.002821	6.3E-05			
T68	14.677691	14.681745	14.683497	-0.004054	-0.005806	-0.001752	0.004054	0.005806	0.001752			
T69	14.598876	14.620368	14.622753	-0.021392	-0.023877	-0.002485	0.021392	0.023877	0.002485			
T70	15.229097	15.214812	15.214884	0.014285	0.014413	0.000128	0.014285	0.014413	0.000128			
T72	14.633185	14.63216	14.633999	0.001025	-0.000814	-0.001839	0.001025	0.000814	0.001839			
T73	14.932988	14.948732	14.948555	-0.015744	-0.015567	0.000177	0.015744	0.015567	0.000177			
T74	14.366559	14.386779	14.390542	-0.020022	-0.023983	-0.003763	0.020022	0.023983	0.003763			
T75	14.525921	14.525994	14.528275	-7.3E-05	-0.002354	-0.002281	7.3E-05	0.002354	0.002281			
T76	14.441994	14.479704	14.482643	-0.03708	-0.040649	-0.003569	0.03708	0.040649	0.003569			
T77	13.842736	13.854547	13.855992	-0.011811	-0.013196	-0.001385	0.011811	0.013196	0.001385			
T78	14.401025	14.424404	14.430813	-0.023379	-0.029788	-0.006409	0.023379	0.029788	0.006409			
T79	14.762339	14.766258	14.7699	-0.003919	-0.007561	-0.003642	0.003919	0.007561	0.003642			
T80	14.562107	14.574744	14.57644	-0.012637	-0.014333	-0.001696	0.012637	0.014333	0.001696			
T81	14.645332	14.637249	14.635544	0.008083	0.009788	0.001705	0.008083	0.009788	0.001705			
T82	14.960629	14.966727	14.96835	-0.006098	-0.007721	-0.001623	0.006098	0.007721	0.001623			
T84	14.890041	14.864924	14.86177	0.025117	0.028271	0.003154	0.025117	0.028271	0.003154			
T85	15.998955	15.995948	15.990184	0.003007	0.008771	0.005764	0.003007	0.008771	0.005764			
T86	14.547448	14.649801	14.657339	-0.102353	-0.108891	-0.006538	0.102353	0.108891	0.006538			

14.5. ANEXO E: VELOCIDAD DEL VIENTO EN FUNCION DE LA MALLA PARA UNA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS

Sin vientos diurnos, malla de 60m y conservación de masa y momentos			Sin vientos diurnos, malla de 80m y conservación de masa y momentos			Sin vientos diurnos, malla de 100m y conservación de masa y momentos			Diferencias					Valor Absoluto Diferencias				
Aragón 0 15 60m Mass and Momentum			Aragón 0 15 80m Mass and Momentum			Aragón 0 15 100m Mass and Momentum												
Velocidad Viento			Velocidad Viento			Velocidad Viento												

14.6. ANEXO F: VELOCIDAD DEL VIENTO PARA UNA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS CON VIENTOS DIURNOS

Con vientos diurnos, malla de 63 metros y conservación de masa y momentos											
Aragón 0 15 0' 06-15-2017 1400 Gbm_Mass and Momentum		Aragón 0 15 15' 04-15-2017 1400 Gbm_Mass and Momentum		Aragón 0 15 30' 07-15-2017 1400 Gbm_Mass and Momentum		Diferencias			Valor Absoluto Diferencias		
Apoyo	Velocidad Viento		Velocidad Viento		Velocidad Viento	0' - 15'	0' - 30'	15' - 30'	0' - 15'	0' - 30'	15' - 30'
T1	15.910495		15.866102		15.857385	0.054369	0.06111	0.008644	0.053466	0.06111	0.008644
T2	15.53863		15.509473		15.504478	0.029157	0.034152	0.004995	0.029157	0.034152	0.004995
T3	12.342414		12.306057		12.299729	0.036357	0.043685	0.006328	0.036357	0.043685	0.006328
T4	18.060227		18.030369		18.028283	0.029858	0.031944	0.002086	0.029858	0.031944	0.002086
T5	9.434695		9.381491		9.375415	0.053204	0.059328	0.006076	0.053204	0.059328	0.006076
T6	10.120869		10.093612		10.091395	0.028252	0.029474	0.002127	0.028252	0.029474	0.002127
T7	17.107499		17.079769		17.072923	0.031719	0.034577	0.002847	0.031719	0.034577	0.002847
T8	17.633721		17.644547		17.646199	-0.000836	-0.022488	-0.002652	0.000836	0.022488	0.002652
T9	16.976811		16.952981		16.950138	0.02363	0.026473	0.002843	0.02363	0.026473	0.002843
T10	16.130714		16.126904		16.125846	0.00381	0.004868	0.001058	0.00381	0.004868	0.001058
T11	16.462703		16.476163		16.478947	-0.01346	-0.017144	-0.003684	0.01346	0.017144	0.003684
T12	15.373463		15.391427		15.394362	-0.017964	-0.020899	-0.002935	0.017964	0.020899	0.002935
T13	16.96872		16.958662		16.957205	0.000058	0.011515	0.010457	0.010058	0.011515	0.001457
T15	16.253519		16.261499		16.262395	-0.00797	-0.008876	-0.000906	0.00797	0.008876	0.000906
T16	15.89129		15.879544		15.878426	0.001585	0.011703	0.010118	0.010585	0.011703	0.001118
T17	15.874035		15.859347		15.863467	-0.009395	-0.022312	-0.002917	0.009395	0.022312	0.002917
T18	15.219729		15.188501		15.175733	0.038828	0.048998	0.010168	0.038828	0.048998	0.010168
T19	14.999134		15.042648		15.053748	-0.043514	-0.054614	-0.0111	0.043514	0.054614	0.0111
T20	14.733571		14.738729		14.738721	-0.005158	-0.00615	-0.000992	0.005158	0.00615	0.000992
T21	14.758764		14.738714		14.736796	0.01905	0.021968	0.002918	0.01905	0.021968	0.002918
T22	14.043189		14.03965		14.039315	-0.003541	-0.050126	-0.000335	0.003541	0.050126	0.000335
T23	11.514491		11.568379		11.569224	-0.053888	-0.054733	-0.000845	0.053888	0.054733	0.000845
T24	10.340709		10.338921		10.33496	0.003789	0.005749	0.001961	0.003789	0.005749	0.001961
T25	10.86662		10.851157		10.848128	0.015463	0.018493	0.003029	0.015463	0.018493	0.003029
T26	12.559153		12.549628		12.549692	0.009525	0.009461	-6.4E-05	0.009525	0.009461	6.4E-05
T27	10.19372		10.216321		10.216274	-0.022602	-0.022554	4.8E-05	0.022602	0.022554	4.8E-05
T28	14.869286		14.894879		14.897698	-0.025593	-0.028412	-0.002819	0.025593	0.028412	0.002819
T29	14.969599		14.979645		14.978866	-0.010046	-0.009297	-0.000749	0.010046	0.009297	0.000749
T30	14.000789		14.043407		14.04396	-0.042538	-0.043171	-0.000613	0.042538	0.043171	0.000613
T31	13.553783		13.564741		13.569808	-0.010598	-0.016025	-0.005427	0.010598	0.016025	0.005427
T32	13.175969		13.188158		13.194652	-0.012589	-0.017896	-0.005307	0.012589	0.017896	0.005307
T33	11.673898		11.703928		11.704888	-0.030048	-0.035608	-0.005559	0.030048	0.035608	0.005559
T34	11.169689		11.159454		11.161513	0.000215	0.008156	0.007941	0.000215	0.008156	0.007941
T35	11.431471		11.435411		11.434462	0.00394	0.003009	0.000949	0.00394	0.003009	0.000949
T36	10.381322		10.405999		10.415407	-0.024677	-0.025305	-0.000628	0.024677	0.025305	0.000628
T38	7.785252		7.785265		7.782854	0.002397	0.002668	0.000271	0.002397	0.002668	0.000271
T39	8.834101		8.794079		8.787714	0.040022	0.046287	0.006265	0.040022	0.046287	0.006265
T40	9.186929		9.155697		9.151414	0.031232	0.035515	0.004283	0.031232	0.035515	0.004283
T41	8.946647		8.946804		8.886941	0.059733	0.060606	0.000873	0.059733	0.060606	0.000873
T42	11.588118		11.565327		11.562371	0.022881	0.025747	0.002866	0.022881	0.025747	0.002866
T43	11.472899		11.490532		11.488974	-0.017673	-0.017315	0.000358	0.017673	0.017315	0.000358
T45	11.895275		11.891341		11.891697	0.003994	0.003578	-0.000416	0.003994	0.003578	0.000416
T46	12.76676		12.807587		12.805497	-0.040827	-0.038737	0.00209	0.040827	0.038737	0.00209
T47	12.525331		12.492091		12.492411	0.03324	0.03319	-5E-05	0.03324	0.03319	5E-05
T48	14.939721		15.033742		15.034307	-0.094021	-0.103886	-0.009865	0.094021	0.103886	0.009865
T49	13.785793		13.954212		13.954384	-0.168419	-0.168591	-0.000172	0.168419	0.168591	0.000172
T50	14.94913		15.020398		15.020334	-0.071266	-0.115421	-0.044155	0.071266	0.115421	0.044155
T51	17.756487		17.848643		17.857766	-0.092156	-0.101279	-0.009123	0.092156	0.101279	0.009123
T52	17.8294		17.865238		17.866106	-0.035838	-0.036708	-0.000869	0.035838	0.036708	0.000869
T53	16.491932		16.524606		16.526802	-0.032694	-0.03489	-0.002196	0.032694	0.03489	0.002196
T54	15.742439		15.725964		15.725973	0.016505	0.016446	0.000059	0.016505	0.016446	0.000059
T56	14.74053		14.753883		14.758878	-0.013323	-0.018275	-0.004952	0.013323	0.018275	0.004952
T57	14.984065		15.001518		15.005826	-0.017453	-0.021761	-0.004308	0.017453	0.021761	0.004308
T58	14.460677		14.513767		14.523308	-0.05309	-0.062631	-0.009541	0.05309	0.062631	0.009541
T59	15.394303		15.445674		15.451722	-0.051371	-0.057419	-0.006048	0.051371	0.057419	0.006048
T60	12.820736		12.827209		12.819378	-0.000193	0.000898	0.001091	0.000193	0.000898	0.001091
T61	12.085321		12.086647		12.086466	-0.001326	-0.012535	-0.000601	0.001326	0.012535	0.000601
T62	11.342329		11.322773		11.324232	0.02052	0.029061	0.008549	0.02052	0.029061	0.008549
T63	13.249665		13.262847		13.265011	-0.013182	-0.015346	-0.002164	0.013182	0.015346	0.002164
T64	15.714651		15.671983		15.667678	0.042668	0.046973	0.004305	0.042668	0.046973	0.004305
T65	17.365967		17.325797		17.32074	0.04017	0.045227	0.005057	0.04017	0.045227	0.005057
T66	17.583999		17.602332		17.608784	-0.019323	-0.024785	-0.005462	0.019323	0.024785	0.005462
T67	17.264439		17.276949		17.276468	-0.012451	-0.015209	-0.002758	0.012451	0.015209	0.002758
T68	16.501152		16.507095		16.508998	-0.005946	-0.007846	-0.001899	0.005946	0.007846	0.001899
T69	15.698931		15.712366		15.714438	-0.013435	-0.015507	-0.002072	0.013435	0.015507	0.002072
T70	16.339874		16.353676		16.35668	-0.013802	-0.016808	-0.003006	0.013802	0.016808	0.003006
T72	16.061779		16.050891		16.052516	0.000889	0.000623	-0.000266	0.000889	0.000623	0.000266
T73	16.659987		16.65904		16.658716	-0.000935	-0.000729	0.000206	0.000935	0.000729	0.000206
T74	16.06652		16.077322		16.07931	-0.010802	-0.01279	-0.001988	0.010802	0.01279	0.001988
T75	16.439459		16.430904		16.432615	0.008555	0.006844	-0.001711	0.008555	0.006844	0.001711
T76	17.008289		17.039562		17.039129	-0.027663	-0.03084	-0.003177	0.027663	0.03084	0.003177
T77	16.103048		16.086154		16.082613	0.016894	0.020435	0.003541	0.016894	0.020435	0.003541
T78	16.995502		16.972331		16.969972	-0.023171	-0.027041	-0.00387	0.023171	0.027041	0.00387
T79	17.034941		17.035536		17.037052	-0.002045	-0.002561	-0.000516	0.002045	0.002561	0.000516
T80	17.208919		17.198135		17.198417	0.008784	0.008502	-0.000282	0.008784	0.008502	0.000282
T81	16.504493		16.496272		16.494322	0.008151	0.010971	0.002824	0.008151	0.010971	0.002824
T82	15.507928		15.522173		15.524962	-0.013945	-0.027034	-0.013089	0.013945	0.027034	0.013089
T84	14.672723		14.655721		14.655721	0.021356	0.021542	0.000186	0.021356	0.021542	0.000186
T85	16.11367		16.099007		16.094329	0.014663	0.013941	0.000722	0.014663	0.013941	0.000722
T86	14.954202		15.015199		15.020879	-0.066677	-0.066677	-0.000000	0.066677	0.066677	0.000000

Diff. Max. 0-15	0.168419
Diff. Max. 0-30	0.168591
Diff. Max. 15-30	0.0111

14.7. ANEXO G: VELOCIDAD DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA – MASA Y MOMENTOS

	Sin vientos diurnos, malla de 63m y conservacion de masa y momentos	Sin vientos diurnos, malla de 63m y solo conservacion de masa							
	Aragon_0_15_63m_Mass and Momentum	Aragon_0_15_63m_Mass							
Apoyo	Velocidad Viento	Velocidad Viento	Diferencias	Valor Absoluto Diferencias		Dif. Max.	6.863129	Media	1.4563384
T1	16.266434	15.119533	1.146901	1.146901					
T2	13.978249	14.533795	-0.555546	0.555546					
T3	12.471045	17.842896	-5.371851	5.371851					
T4	17.59334	16.276036	1.317304	1.317304					
T5	9.238967	13.665311	-4.426344	4.426344					
T6	10.143808	13.720189	-3.576381	3.576381					
T7	17.845746	15.614268	2.231478	2.231478					
T8	18.20726	15.230276	2.976984	2.976984					
T9	17.228781	15.247438	1.981343	1.981343					
T10	16.137243	14.791916	1.345327	1.345327					
T11	15.71689	14.901103	0.815787	0.815787					
T12	16.550858	13.743878	2.80698	2.80698					
T13	17.152892	15.07746	2.075432	2.075432					
T15	16.836704	14.396621	2.440083	2.440083					
T16	15.822781	15.068261	0.75452	0.75452					
T17	16.371651	14.118053	2.253598	2.253598					
T18	15.57134	14.516295	1.055045	1.055045					
T19	15.442042	15.073592	0.36845	0.36845					
T20	14.997834	15.155442	-0.157608	0.157608					
T21	15.40233	15.074799	0.327531	0.327531					
T22	15.118284	15.555731	-0.437447	0.437447					
T23	11.999509	13.999902	-2.000393	2.000393					
T24	10.733646	11.601037	-0.867391	0.867391					
T25	10.168137	13.88413	-3.715993	3.715993					
T26	12.08627	14.379694	-2.293424	2.293424					
T27	11.640559	13.562933	-1.922374	1.922374					
T28	15.124469	14.383312	0.741157	0.741157					
T29	15.475199	15.407488	0.067711	0.067711					
T30	14.859414	14.926859	-0.067445	0.067445					
T31	13.601863	15.154737	-1.552874	1.552874					
T32	13.643082	14.684988	-1.041906	1.041906					
T33	12.360508	14.663065	-2.302557	2.302557					
T34	11.486083	14.942691	-3.456608	3.456608					
T35	11.97627	14.976914	-3.000644	3.000644					
T36	11.048605	14.864074	-3.815469	3.815469					
T38	7.31441	13.992326	-6.677916	6.677916					
T39	8.06275	14.647668	-6.584918	6.584918					
T40	8.413666	13.639721	-5.226055	5.226055					
T41	7.835296	14.698425	-6.863129	6.863129					
T42	11.824055	14.083971	-2.259916	2.259916					
T43	11.141388	14.707872	-3.566484	3.566484					
T45	11.460806	14.367616	-2.90681	2.90681					
T46	12.33868	14.251074	-1.912394	1.912394					
T47	12.098141	14.124591	-2.02645	2.02645					
T48	16.097374	15.961067	0.136307	0.136307					
T49	13.954013	14.22166	-0.267647	0.267647					
T50	15.258967	14.5596	0.699367	0.699367					
T51	17.990938	15.507174	2.483764	2.483764					
T52	17.821371	16.166354	1.655017	1.655017					
T53	16.782942	14.72669	2.056252	2.056252					
T54	15.857172	14.921388	0.935784	0.935784					
T56	15.325856	14.926811	0.399045	0.399045					
T57	15.828734	15.386062	0.442672	0.442672					
T58	16.071641	15.294386	0.777255	0.777255					
T59	16.003798	15.355517	0.648281	0.648281					
T60	13.264277	15.022971	-1.758694	1.758694					
T61	12.143985	14.633321	-2.489336	2.489336					
T62	11.359733	14.708736	-3.349003	3.349003					
T63	12.746868	14.184245	-1.437377	1.437377					
T64	16.458492	13.345966	3.112526	3.112526					
T65	17.338185	16.146277	1.191908	1.191908					
T66	18.13903	15.430892	2.708138	2.708138					
T67	17.490744	15.142623	2.348121	2.348121					
T68	16.815151	14.628665	2.186486	2.186486					
T69	15.832793	14.618078	1.214715	1.214715					
T70	16.966351	15.210829	1.755522	1.755522					
T72	16.47491	14.525145	1.949765	1.949765					
T73	16.689253	15.024259	1.664994	1.664994					
T74	16.479107	14.2816	2.197507	2.197507					
T75	17.016662	14.385158	2.631504	2.631504					
T76	17.669334	14.447623	3.221711	3.221711					
T77	16.341065	13.791111	2.549955	2.549955					
T78	17.445994	14.213542	3.232452	3.232452					
T79	17.247727	14.608253	2.639474	2.639474					
T80	17.534231	14.54981	2.984421	2.984421					
T81	16.784703	14.649259	2.135444	2.135444					
T82	15.735539	14.973841	0.761698	0.761698					
T84	15.232873	14.916176	0.316113	0.316113					
T85	15.483987	16.465246	-0.981259	0.981259					
T86	15.161685	14.847793	0.313892	0.313892					

14.8. ANEXO H: RESULTADOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA Y MOMENTOS

01	0001	0002	0003	0004	0005	0006	0007	0008	0009	0010	0011	0012	0013	0014	0015	0016	0017	0018	0019	0020	0021	0022	0023	0024	0025	0026	0027	0028	0029	0030	0031	0032	0033	0034	0035	0036	0037	0038	0039	0040	0041	0042	0043	0044	0045	0046	0047	0048	0049	0050	0051	0052	0053	0054	0055	0056	0057	0058	0059	0060	0061	0062	0063	0064	0065	0066	0067	0068	0069	0070	0071	0072	0073	0074	0075	0076	0077	0078	0079	0080	0081	0082	0083	0084	0085	0086	0087	0088	0089	0090	0091	0092	0093	0094	0095	0096	0097	0098	0099	0100																																																		
01	0001	0002	0003	0004	0005	0006	0007	0008	0009	0010	0011	0012	0013	0014	0015	0016	0017	0018	0019	0020	0021	0022	0023	0024	0025	0026	0027	0028	0029	0030	0031	0032	0033	0034	0035	0036	0037	0038	0039	0040	0041	0042	0043	0044	0045	0046	0047	0048	0049	0050	0051	0052	0053	0054	0055	0056	0057	0058	0059	0060	0061	0062	0063	0064	0065	0066	0067	0068	0069	0070	0071	0072	0073	0074	0075	0076	0077	0078	0079	0080	0081	0082	0083	0084	0085	0086	0087	0088	0089	0090	0091	0092	0093	0094	0095	0096	0097	0098	0099	0100																																																		
02	0051	0052	0053	0054	0055	0056	0057	0058	0059	0060	0061	0062	0063	0064	0065	0066	0067	0068	0069	0070	0071	0072	0073	0074	0075	0076	0077	0078	0079	0080	0081	0082	0083	0084	0085	0086	0087	0088	0089	0090	0091	0092	0093	0094	0095	0096	0097	0098	0099	0100	0101	0102	0103	0104	0105	0106	0107	0108	0109	0110	0111	0112	0113	0114	0115	0116	0117	0118	0119	0120	0121	0122	0123	0124	0125	0126	0127	0128	0129	0130	0131	0132	0133	0134	0135	0136	0137	0138	0139	0140	0141	0142	0143	0144	0145	0146	0147	0148	0149	0150	0151	0152	0153	0154	0155	0156	0157	0158	0159	0160	0161	0162	0163	0164	0165	0166	0167	0168	0169	0170	0171	0172	0173	0174	0175	0176	0177	0178	0179	0180	0181	0182	0183	0184	0185	0186	0187	0188	0189	0190	0191	0192	0193	0194	0195	0196	0197	0198	0199	0200
03	0151	0152	0153	0154	0155	0156	0157	0158	0159	0160	0161	0162	0163	0164	0165	0166	0167	0168	0169	0170	0171	0172	0173	0174	0175	0176	0177	0178	0179	0180	0181	0182	0183	0184	0185	0186	0187	0188	0189	0190	0191	0192	0193	0194	0195	0196	0197	0198	0199	0200	0201	0202	0203	0204	0205	0206	0207	0208	0209	0210	0211	0212	0213	0214	0215	0216	0217	0218	0219	0220	0221	0222	0223	0224	0225	0226	0227	0228	0229	0230	0231	0232	0233	0234	0235	0236	0237	0238	0239	0240	0241	0242	0243	0244	0245	0246	0247	0248	0249	0250																																																		

[illegible]

14.10. ANEXO J: RESULTADOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	IJ	JK	JL	JM	JN	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KK	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NN	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PP	PQ	PR	PS	PT	PU	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QQ	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UU	UV	UW	UX	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	WV	WW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	XK	XL	XM	XN	XO	XP	XQ	XR	XS	XT	XU	XV	XW	XX	XY	XZ	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF	ZG	ZH	ZI	ZJ	ZK	ZL	ZM	ZN	ZO	ZP	ZQ	ZR	ZS	ZT	ZU	ZV	ZW	ZX	ZY	ZZ
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

14.11. ANEXO K: RESULTADOS DE DIRECCION DEL VIENTO PARA SIMULACION DE CONSERVACION DE MASA

	A										B										C										D										E										F										G										H										I										J										K										L										M										N										O										P										Q										R										S										T										U										V										W										X										Y										Z										AA										AB										AC										AD										AE										AF										AG										AH										AI										AJ										AK										AL										AM										AN										AO										AP										AQ										AR										AS										AT										AU										AV										AW										AX										AY										AZ										BA										BB										BC										BD										BE										BF										BG										BH										BI										BJ										BK										BL										BM										BN										BO										BP										BQ										BR										BS										BT										BU										BV										BW										BX										BY										BZ										CA										CB										CC										CD										CE										CF										CG										CH										CI										CJ										CK										CL										CM										CN										CO										CP										CQ										CR										CS										CT										CU										CV										CW										CX										CY										CZ										DA										DB										DC										DD										DE										DF										DG										DH										DI										DJ										DK										DL										DM										DN										DO										DP										DQ										DR										DS										DT										DU										DV										DW										DX										DY										DZ										EA										EB										EC										ED										EE										EF										EG										EH										EI										EJ										EK										EL										EM										EN										EO										EP										EQ										ER										ES										ET										EU										EV										EW										EX										EY										EZ										FA										FB										FC										FD										FE										FF										FG										FH										FI										FJ										FK										FL										FM										FN										FO										FP										FQ										FR										FS										FT										FU										FV										FW										FX										FY										FZ										GA										GB										GC										GD										GE										GF										GG										GH										GI										GJ										GK										GL										GM										GN										GO										GP										GQ										GR										GS										GT										GU										GV										GW										GX										GY										GZ										HA										HB										HC										HD										HE										HF										HG										HH										HI										HJ										HK										HL										HM										HN										HO										HP										HQ										HR										HS										HT										HU										HV										HW										HX										HY										HZ										IA										IB										IC										ID										IE										IF										IG										IH										IJ										IK										IL										IM										IN										IO										IP										IQ										IR										IS										IT										IU										IV										IW										IX										IY										IZ										JA										JB										JC										JD										JE										JF										JG										JH										JI										JJ										JK										JL										JM										JN										JO										JP										JQ										JR										JS										JT										JU										JV										JW										JX										JY										JZ										KA										KB										KC										KD										KE										KF										KG										KH										KI										KJ										KL										KM										KN										KO										KP										KQ										KR										KS										KT										KU										KV										KW										KX										KY										KZ										LA										LB										LC										LD										LE										LF										LG										LH										LI										LJ										LK										LM										LN										LO										LP										LQ										LR										LS										LT										LU										LV										LW										LX										LY										LZ										MA										MB										MC										MD										ME										MF										MG										MH										MI										MJ										MK										ML										MM										MN										MO										MP										MQ										MR										MS										MT										MU										MV										MW										MX										MY										MZ										NA										NB										NC										ND										NE										NF										NG										NH										NI										NJ										NK										NL										NM										NN										NO										NP										NQ										NR										NS										NT										NU										NV										NW										NX										NY										NZ										OA										OB										OC										OD										OE										OF										OG										OH										OI										OJ										OK										OL										OM										ON										OO										OP										OQ										OR										OS										OT										OU										OV										OW										OX										OY										OZ										PA										PB										PC										PD										PE										PF										PG										PH										PI										PJ										PK										PL										PM										PN										PO										PP										PQ										PR										PS										PT										PU										PV										PW										PX										PY										PZ										QA										QB										QC										QD										QE										QF										QG										QH										QI										QJ										QK										QL										QM										QN										QO										QP										QQ										QR										QS										QT										QU										QV										QW										QX										QY										QZ										RA										RB										RC										RD										RE										RF										RG										RH										RI										RJ										RK										RL										RM										RN										RO										RP										RQ										RR										RS										RT										RU										RV										RW										RX										RY										RZ										SA										SB										SC										SD										SE										SF										SG										SH										SI										SJ										SK										SL										SM										SN										SO										SP										SQ										SR										SS										ST										SU										SV										SW										SX										SY										SZ										TA										TB										TC										TD										TE										TF										TG										TH										TI										TJ										TK										TL										TM										TN										TO										TP										TQ										TR										TS										TT										TU										TV										TW										TX										TY										TZ										UA										UB										UC										UD										UE										UF										UG										UH										UI										UJ										UK										UL										UM										UN										UO										UP										UQ										UR										US										UT										UU										UV										UW										UX										UY										UZ										VA										VB										VC										VD										VE										VF										VG										VH										VI										VJ										VK										VL										VM										VN										VO										VP										VQ										VR										VS										VT										VU										VV										VW										VX										VY										VZ										WA										WB										WC										WD										WE										WF										WG										WH										WI										WJ										WK										WL										WM										WN										WO										WP										WQ										WR										WS										WT										WU										WV										WW										WX										WY										WZ										XA										XB										XC										XD										XE										XF										XG										XH										XI										XJ										XK										XL										XM										XN										XO										XP										XQ										XR										XS										XT										XU										XV										XW										XX										XY										XZ										YA										YB										YC										YD										YE										YF										YG										YH										YI										YJ										YK										YL										YM										YN										YO										YP										YQ										YR										YS										YT										YU										YV										YW										YX										YY										YZ										ZA										ZB										ZC										ZD										ZE										ZF										ZG										ZH										ZI										ZJ										ZK										ZL										ZM										ZN										ZO										ZP										ZQ										ZR										ZS										ZT										ZU										ZV										ZW										ZX										ZY										ZZ									
A1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1</																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

14.12. ANEXO L: GRADO DE LINEALIDAD DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO
EN UNA SIMULACIÓN DE MASA

Apoyos	10_0	50_0	90_0	Relacion 10-50	Relacion 10-90	Relacion 50-90	Desviacion (%) 10-50	Desviacion (%) 10-90	Desviacion (%) 50-90
T1	10.079689	50.398444	90.717198	4.999999901	8.999999702	1.799999976	-1.98419E-06	-3.30698E-06	-1.32279E-06
T2	9.689197	48.445983	87.202769	4.999999794	8.999999587	1.799999992	-4.12831E-06	-4.58701E-06	-4.58701E-07
T3	11.895264	59.476321	107.057378	5.000000084	9.000000168	1.800000003	1.68134E-06	1.86816E-06	1.86816E-07
T4	10.850691	54.253454	97.656216	4.999999908	8.999999724	1.799999978	-1.8432E-06	-3.072E-06	-1.2288E-06
T5	9.110208	45.551038	81.991868	4.99999978	8.999999561	1.799999991	-4.39068E-06	-4.87853E-06	-4.87853E-07
T6	9.146792	45.733962	82.321131	5.000000219	9.000000328	1.799999987	4.37312E-06	3.64426E-06	-7.28853E-07
T7	10.409512	52.047561	93.68561	5.000000096	9.000000192	1.800000004	1.92132E-06	2.1348E-06	2.1348E-07
T8	10.153518	50.767588	91.381658	4.999999803	8.999999606	1.799999992	-3.93952E-06	-4.37725E-06	-4.37725E-07
T9	10.164959	50.824794	91.484629	4.999999902	8.999999803	1.799999996	-1.96754E-06	-2.18616E-06	-2.18616E-07
T10	9.861277	49.306386	88.751495	5.000000101	9.000000203	1.800000004	2.02813E-06	2.25348E-06	2.25348E-07
T11	9.934069	49.670344	89.40662	4.999999899	8.999999899	1.800000016	-2.01327E-06	-1.11849E-06	8.94788E-07
T12	9.162585	45.812925	82.463266	5	9.000000109	1.800000022	0	1.21266E-06	1.21266E-06
T13	10.05164	50.2582	90.464761	5	9.000000099	1.800000002	0	1.1054E-06	1.1054E-06
T14 (EM1)	9.856171	49.280856	88.705541	5.000000101	9.000000203	1.800000004	2.02919E-06	2.25465E-06	2.25465E-07
T15	9.597747	47.988737	86.379726	5.000000208	9.000000313	1.799999987	4.16764E-06	3.47304E-06	-6.94607E-07
T16	10.045507	50.227535	90.409564	5	9.00000001	1.800000002	0	1.10608E-06	1.10608E-06
T17	9.412035	47.060177	84.708319	5.000000212	9.000000425	1.800000008	4.24988E-06	4.72209E-06	4.72209E-07
T18	9.67753	48.387652	87.097773	5.000000207	9.00000031	1.799999988	4.13329E-06	3.44441E-06	-6.88881E-07
T19	10.049061	50.245305	90.441549	5	9	1.8	0	-1.18424E-13	-1.23358E-13
T20	10.103628	50.51814	90.932653	5	9.000000099	1.800000002	0	1.09971E-06	1.09971E-06
T21	10.049866	50.24933	90.448793	5	8.9999999	1.799999998	0	-1.1056E-06	-1.1056E-06
T22	10.370487	51.852437	93.334387	5.000000193	9.000000386	1.800000008	3.8571E-06	4.28567E-06	4.28567E-07
T23	9.333268	46.666341	83.999414	5.000000107	9.000000214	1.800000004	2.14287E-06	2.38097E-06	2.38097E-07
T24	7.734025	38.670125	69.606225	5	9	1.8	-1.24345E-13	-1.97373E-14	1.11022E-13
T25	9.256087	46.280433	83.304779	4.999999784	8.999999568	1.799999991	-4.32148E-06	-4.80165E-06	-4.80165E-07
T26	9.586462	47.932312	86.278162	5.000000209	9.000000417	1.800000008	4.17255E-06	4.63617E-06	4.63617E-07
T27	9.041956	45.209778	81.3776	4.999999779	8.999999558	1.799999991	-4.42382E-06	-4.91536E-06	-4.91536E-07
T28	9.588875	47.944374	86.299872	4.999999896	8.999999687	1.799999975	-2.08575E-06	-3.47625E-06	-1.3905E-06
T29	10.271659	51.358293	92.444928	4.999999805	8.999999708	1.800000012	-3.89421E-06	-3.24518E-06	6.49035E-07
T30	9.951239	49.756197	89.561155	5.000000201	9.000000402	1.800000008	4.0196E-06	4.46622E-06	4.46622E-07
T31	10.103158	50.515791	90.928424	5.000000099	9.000000198	1.800000004	1.97958E-06	2.19953E-06	2.19953E-07
T32	9.789992	48.94996	88.109928	5	9	1.8	-1.06581E-13	0	8.63507E-14
T33	9.775377	48.876883	87.97839	4.999999795	8.999999693	1.800000012	-4.09191E-06	-3.40993E-06	6.81986E-07
T34	9.961794	49.808971	89.656148	5.00000001	9.000000201	1.800000004	2.00767E-06	2.23075E-06	2.23074E-07
T35	9.98461	49.923048	89.861487	4.99999998	8.99999997	1.800000012	-4.00617E-06	-3.33847E-06	6.67694E-07
T36	9.909383	49.546914	89.184445	4.999999899	8.999999798	1.799999996	-2.01829E-06	-2.24254E-06	-2.24254E-07
T37 (EM2)	9.807901	49.039505	88.271109	5	9	1.8	-1.06581E-13	-1.97373E-14	8.63507E-14
T38	9.328217	46.641087	83.953957	5.000000214	9.000000429	1.800000009	4.28806E-06	4.76452E-06	4.76452E-07
T39	9.765112	48.825559	87.886006	4.999999898	8.999999795	1.799999996	-2.04811E-06	-2.27568E-06	-2.27567E-07
T40	9.093147	45.465737	81.838326	5.000000222	9.00000033	1.799999987	4.39892E-06	3.66576E-06	-7.33153E-07
T41	9.79895	48.99475	88.19055	5	9	1.8	1.06581E-13	9.86865E-14	-1.23358E-14
T42	9.389314	46.946568	84.503823	4.999999787	8.99999968	1.800000013	-4.26016E-06	-3.55014E-06	7.10027E-07
T43	9.805248	49.026241	88.247234	5.000000102	9.000000204	1.800000004	2.03972E-06	2.26636E-06	2.26636E-07
T44 (EM3)	9.320217	46.601083	83.881949	4.999999785	8.999999571	1.799999991	-4.29175E-06	-4.76861E-06	-4.76861E-07
T45	9.578411	47.892055	86.205699	5	9	1.8	-1.06581E-13	-1.97373E-14	8.63507E-14
T46	9.500716	47.503579	85.506442	4.999999895	8.999999789	1.799999996	-2.1051E-06	-2.339E-06	-2.33901E-07
T47	9.416394	47.081968	84.747543	4.999999788	8.999999681	1.800000013	-4.24791E-06	-3.53993E-06	7.07985E-07
T48	10.640711	53.203557	95.766403	5.000000188	9.000000376	1.800000008	3.75915E-06	4.17683E-06	4.17683E-07
T49	9.481106	47.405532	85.329958	5.000000211	9.000000422	1.800000008	4.21892E-06	4.68769E-06	4.68769E-07
T50	9.7064	48.531998	87.357597	4.999999794	8.999999691	1.800000012	-4.12099E-06	-3.43416E-06	6.86832E-07
T51	10.338116	51.69058	93.043044	5	9	1.8	7.63833E-13	8.48704E-13	8.63507E-14
T52	10.777569	53.887847	96.998125	5.000000186	9.000000371	1.800000007	3.71141E-06	4.12379E-06	4.12379E-07
T53	9.817794	49.088968	88.360143	4.999999796	8.999999694	1.800000012	-4.07423E-06	-3.3952E-06	6.79039E-07
T54	9.947592	49.737959	89.528326	4.999999899	8.999999799	1.799999996	-2.01054E-06	-2.23393E-06	-2.23393E-07
T55 (EM 4)	9.954333	49.771663	89.588993	4.999999799	8.999999598	1.799999992	-4.01835E-06	-4.46483E-06	-4.46483E-07
T56	9.951207	49.756036	89.560866	5.00000001	9.000000301	1.800000024	2.00981E-06	3.34968E-06	1.33987E-06
T57	10.257375	51.286873	92.316372	4.999999805	8.999999708	1.800000012	-3.89963E-06	-3.24969E-06	6.49939E-07
T58	10.196257	50.981287	91.766316	5.000000196	9.000000294	1.799999988	3.92301E-06	3.26917E-06	-6.53835E-07
T59	10.237011	51.185056	92.1331	5.000000098	9.000000098	1.799999984	1.9537E-06	1.08539E-06	-8.68309E-07
T60	10.015314	50.076571	90.137827	5.00000001	9.00000001	1.799999984	1.99694E-06	1.10941E-06	-8.8753E-07
T61	9.755547	48.777736	87.799924	5.000000103	9.000000103	1.799999984	2.05012E-06	1.13895E-06	-9.11162E-07
T62	9.805824	49.029121	88.252417	5.000000012	9.000000102	1.799999984	2.0396E-06	1.13311E-06	-9.06491E-07
T63	9.456163	47.280817	85.10547	5.000000212	9.000000317	1.799999987	4.23005E-06	3.52504E-06	-7.05007E-07
T64	8.897311	44.486553	80.075796	4.999999775	8.999999663	1.800000013	-4.49574E-06	-3.74645E-06	7.4929E-07
T65	10.764185	53.820924	96.877664	4.999999907	8.999999907	1.800000015	-1.85801E-06	-1.03223E-06	8.25784E-07
T66	10.287261	51.436306	92.585351	5.000000097	9.000000194	1.800000004	1.94415E-06	2.16017E-06	2.16017E-07
T67	10.095082	50.475409	90.855736	4.999999901	8.999999802	1.799999996	-1.98116E-06	-2.20129E-06	-2.20129E-07
T68	9.752443	48.762215	87.771987	5	9	1.8	-1.06581E-13	-1.97373E-14	8.63507E-14
T69	9.745385	48.726925	87.708466	5	9.000000103	1.800000021	0	1.14014E-06	1.14014E-06
T70	10.140553	50.702763	91.264973	4.999999803	8.999999606	1.799999992	-3.94456E-06	-4.38284E-06	-4.38284E-07
T71 (EM5)	9.071725	45.358627	81.645529	5.000000222	9.000000441	1.800000009	4.4093E-06	4.89923E-06	4.89923E-07
T72	9.68343	48.417149	87.150868	4.999999897	8.999999793	1.799999996	-2.06538E-06	-2.29487E-06	-2.29487E-07
T73	10.016172	50.080862	90.145552	5.00000002	9.000000399	1.800000008	3.99354E-06	4.43727E-06	4.43727E-07
T74	9.521067	47.605335	85.689603	5	9	1.8	-2.13163E-13	0	2.22045E-13
T75	9.590106	47.950528	86.31095	4.999999791	8.999999583	1.799999992	-4.17097E-06	-4.63441E-06	-4.6344E-07
T76	9.631749	48.158743	86.685738	4.999999792	8.999999689	1.800000012	-4.15293E-06	-3.46078E-06	6.92155E-07
T77	9.194073	45.970366	82.746658	5.000000109	9.000000109	1.799999983	2.17531E-06	1.20851E-06	-9.66806E-07
T78	9.475695	47.378475	85.281255	5	9	1.8	0	0	0
T79	9.738835	48.694175	87.649515	5	9	1.8	1.06581E-13	-1.97373E-14	-1.23358E-13
T80	9.699873	48.499366	87.29886	5.000000103	9.000000309	1.800000025	2.06188E-06	3.43647E-06	1.37459E-06
T81	9.766172	48.830862	87.895552	5.000000205	9.000000041	1.800000008	4.09577E-06	4.55086E-06	4.55085E-07
T82	9.982561	49.912804	89.843046	4.9999999	8.999999699	1.799999976	-2.00349E-06	-3.33916E-06	-1.33566E-06
T83 (EM6)	9.784715	48.923573	88.062431	4.999999796	8.999999591	1.799999992	-4.08801E-06	-4.54223E-06	-4.54223E-07
T84	9.944506	49.722532	89.500558	5.000000201	9.000000402	1.800000008	4.02232E-06	4.46925E-06	4.46924E-07
T85	10.976831	54.884153	98.791476	4.999999818	8.999999727	1.800000011	-3.64404E-06	-3.0367E-06	6.0734E-07
T86	9.898529	49.492643	89.086758	4.999999798	8.999999697	1.800000012	-4		

14.13. ANEXO M: GRADO DE LINEALIDAD DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN UNA SIMULACIÓN DE MASA Y MOMENTOS

Apoyos	10_0	50_0	90_0	Relacion 10-50	Relacion 10-90	Relacion 50-90	Desviacion (%) 10-50	Desviacion (%) 10-90	Desviacion (%) 50-90	Valores absolutos de desviacion		
										ABS 10-50	ABS 10-90	ABS 50-90
T1	11.052917	57.32213	103.373807	5.186154026	9.352626732	1.803383911	3.723080523	3.918074799	0.187995069	3.723080523	3.918074799	0.18799507
T2	10.84879	56.101373	101.052876	5.171210153	9.314667903	1.801254953	3.424203068	3.496310034	0.069719625	3.424203068	3.496310034	0.06971962
T3	11.450043	59.071981	106.426957	5.159105063	9.294895836	1.801648687	3.182112067	3.276620397	0.091593716	3.182112067	3.276620397	0.09159372
T4	12.992092	67.161511	121.103914	5.169414672	9.321355945	1.803174351	3.388293433	3.570621609	0.176352825	3.388293433	3.570621609	0.17635283
T5	12.644197	65.650315	118.416207	5.192130034	9.365261155	1.803741642	3.842600681	4.058457278	0.20786902	3.842600681	4.058457278	0.20786902
T6	10.223594	53.512043	96.579611	5.234171369	9.446737713	1.804820104	4.683427374	4.963752364	0.267783543	4.683427374	4.963752364	0.26778354
T7	11.748418	61.329471	110.686555	5.22023229	9.421400822	1.804785745	4.4064658	4.682231353	0.265874714	4.4064658	4.682231353	0.26587471
T8	12.521688	65.193802	117.656171	5.206470725	9.396190913	1.804714059	4.129414501	4.402121255	0.261892142	4.129414501	4.402121255	0.26189214
T9	12.039534	62.650588	113.050192	5.203738616	9.389914261	1.804554503	4.074772329	4.332380676	0.247522373	4.074772329	4.332380676	0.24752237
T10	11.508292	60.006314	108.288517	5.214180697	9.409608046	1.804618711	4.283613937	4.551200512	0.256595035	4.283613937	4.551200512	0.25659503
T11	11.304243	59.033601	106.541528	5.222251592	9.424914875	1.804760784	4.445031835	4.721276388	0.264487978	4.445031835	4.721276388	0.26448798
T12	11.03935	57.888562	104.505516	5.243837907	9.466636713	1.805287822	4.876758142	5.184852369	0.293767878	4.876758142	5.184852369	0.29376788
T13	12.260867	59.118769	106.728166	5.249930489	9.477792962	1.8053178	4.998609787	5.30881069	0.295433343	4.998609787	5.30881069	0.29543334
T14 (EM1)	11.223537	59.086114	106.66617	5.264482489	9.503792788	1.805266293	5.289649778	5.597697648	0.292571844	5.289649778	5.597697648	0.29257184
T15	11.120486	58.822258	106.171187	5.289540223	9.547351348	1.804949191	5.790804467	6.081681642	0.274955065	5.790804467	6.081681642	0.27495507
T16	10.969244	58.645497	105.792878	5.346357233	9.641437277	1.803365704	6.92714466	7.127080853	0.186898357	6.92714466	7.127080853	0.186898357
T17	10.70753	57.875356	104.407028	5.405107994	9.750804154	1.803998026	8.102159882	8.342268375	0.122112577	8.102159882	8.342268375	0.12211258
T18	10.292466	56.667023	102.27865	5.503124136	9.93262179	1.804624030	10.06248273	10.36246434	0.27255377	10.06248273	10.36246434	0.27255374
T19	10.253021	56.131193	101.297556	5.474600413	9.879776507	1.8046571	9.492008258	9.77529421	0.258727799	9.492008258	9.77529421	0.25872778
T20	10.105127	55.617855	100.396951	5.503924394	9.93524881	1.805120874	10.0784878	10.39165344	0.284492972	10.0784878	10.39165344	0.28449297
T21	9.857585	54.940335	99.272703	5.574425071	10.07253131	1.806918414	11.48850142	11.91701456	0.384356351	11.48850142	11.91701456	0.38435635
T22	9.284399	52.39677	94.74815	5.643528461	10.20509244	1.808282266	12.87056922	13.38991595	0.460125903	12.87056922	13.38991595	0.4601259
T23	8.687873	49.519848	89.491953	5.699881663	10.30078973	1.807193613	13.99763325	14.45321926	0.399645142	13.99763325	14.45321926	0.39964514
T24	8.687873	49.519848	89.491953	5.699881663	10.30078973	1.807193613	13.99763325	14.45321926	0.399645142	13.99763325	14.45321926	0.39964514
T25	8.184647	45.887382	82.766066	5.606519377	10.11235622	1.8036781	12.13038754	12.35951356	0.204338913	12.13038754	12.35951356	0.20433891
T26	8.454955	45.770732	82.432562	5.413710769	9.750030841	1.800988501	8.274215382	8.333676014	0.054916705	8.274215382	8.333676014	0.0549167
T27	9.111874	48.894081	88.106574	5.365974222	9.669424094	1.801988547	7.319484444	7.438045492	0.110474858	7.319484444	7.438045492	0.11047486
T28	9.375404	49.934717	90.070041	5.326140292	9.60705704	1.803755912	6.522805844	6.745078221	0.208661775	6.522805844	6.745078221	0.20866177
T29	9.943471	52.611718	94.914305	5.291081756	9.545389633	1.804052569	5.821635121	6.059884812	0.225142704	5.821635121	6.059884812	0.2251427
T30	9.822823	52.022132	93.843232	5.296046971	9.552674623	1.803736763	5.920939429	6.140829146	0.207597968	5.920939429	6.140829146	0.20759797
T31	9.645948	51.423763	92.841967	5.331125878	9.624970713	1.805429272	6.622517559	6.944119034	0.301626226	6.622517559	6.944119034	0.30162623
T32	9.534919	51.034066	92.256107	5.35233346	9.675604691	1.807735778	7.046669196	7.506718783	0.429765349	7.046669196	7.506718783	0.42976544
T33	9.302074	49.776549	89.985573	5.351123739	9.63710723	1.807790512	7.02474773	7.4856747	0.43280622	7.02474773	7.4856747	0.43280622
T34	9.22964	49.232231	88.988335	5.334144235	9.641582445	1.807521885	6.68284706	7.128693836	0.417882523	6.68284706	7.128693836	0.41788252
T35	9.230272	49.296779	89.088632	5.340772081	9.651788376	1.807189715	6.815441625	7.24209307	0.399428621	6.815441625	7.24209307	0.39942862
T36	9.207766	48.825375	88.138818	5.302629867	9.572226097	1.805184661	6.05259734	6.358067744	0.2850376	6.05259734	6.358067744	0.28503767
T37 (EM2)	7.924901	42.21696	76.236211	5.327127746	9.619819983	1.805817401	6.542554916	6.88688696	0.323188964	6.542554916	6.88688696	0.32318896
T38	8.182509	43.667406	78.881039	5.336676807	9.640201923	1.806405423	6.73336132	7.113354704	0.355856825	6.73336132	7.113354704	0.35585682
T39	9.649229	50.939869	91.947451	5.279164688	9.528994596	1.805019385	5.832393753	5.877717737	0.278854707	5.832393753	5.877717737	0.27885471
T40	10.179696	53.38213	96.203417	5.243980763	9.450519642	1.8021665	4.879615266	5.005773803	0.120288902	4.879615266	5.005773803	0.12028889
T41	10.336622	53.983347	97.280245	5.222532758	9.411222061	1.802041748	4.450655156	4.569134008	0.113430454	4.450655156	4.569134008	0.11343045
T42	11.137048	57.959784	104.386535	5.204322217	9.372908782	1.801016632	4.084644333	4.143430906	0.056479583	4.084644333	4.143430906	0.05647958
T43	11.091737	57.798512	104.02294	5.210952261	9.378417465	1.799751177	4.219045223	4.204638502	-0.013823501	4.219045223	4.204638502	0.01382325
T44 (EM3)	11.113399	57.858166	109.07929	5.207100024	9.36857087	1.799191647	4.142000481	4.095231893	-0.044908479	4.142000481	4.095231893	0.04490848
T45	11.515424	59.711168	107.332858	5.185320836	9.320790793	1.797534056	3.706416716	3.564342148	-0.136996892	3.706416716	3.564342148	0.13699689
T46	11.381653	58.853741	105.750297	5.170930883	9.291295122	1.796832201	3.418617665	3.236612467	-0.175988813	3.418617665	3.236612467	0.17598881
T47	11.826045	60.395046	108.423165	5.106952155	9.168167803	1.795232758	2.139043104	1.868531139	-0.264846778	2.139043104	1.868531139	0.26484678
T48	12.291024	62.648495	112.702601	5.097093212	9.169504591	1.798967413	1.941864242	1.883384348	-0.057365925	1.941864242	1.883384348	0.05736593
T49	12.055443	61.575908	110.029006	5.10765801	9.201064283	1.801425284	2.153160195	2.234047586	0.079182467	2.153160195	2.234047586	0.07918247
T50	12.395592	63.315648	114.191948	5.107916427	9.212302089	1.803534831	2.158328541	2.358920996	0.19635448	2.158328541	2.358920996	0.19635448
T51	13.263476	67.76148	122.285917	5.108877944	9.219748805	1.804652392	2.177558884	2.441653388	0.258466249	2.177558884	2.441653388	0.25846625
T52	12.56209	64.344176	116.1571	5.122091962	9.246638099	1.805245623	2.244183259	2.740423325	0.291473501	2.244183259	2.740423325	0.2914735
T53	12.20679	62.817022	113.374874	5.146072145	9.287853236	1.804841384	2.921424202	3.198369286	0.269056781	2.921424202	3.198369286	0.26905678
T54	11.953827	61.571236	111.117911	5.150755151	9.295593035	1.804704895	3.015103029	3.284367053	0.261383055	3.015103029	3.284367	

14.14. ANEXO N: GRADO DE LINEALIDAD DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN UNA SIMULACIÓN DE MASA

Apoyos	10_135	50_135	90_135	Relacion 10-50	Relacion 10-90	Relacion 50-90
T1	135	135	135	0	0	0
T2	133	133	133	0	0	0
T3	141	141	141	0	0	0
T4	137	137	137	0	0	0
T5	134	134	134	0	0	0
T6	132	132	132	0	0	0
T7	137	137	137	0	0	0
T8	138	138	138	0	0	0
T9	137	137	137	0	0	0
T10	136	136	136	0	0	0
T11	135	135	135	0	0	0
T12	133	133	133	0	0	0
T13	136	136	136	0	0	0
T14 (EM1)	135	135	135	0	0	0
T15	135	135	135	0	0	0
T16	135	135	135	0	0	0
T17	134	134	134	0	0	0
T18	134	134	134	0	0	0
T19	135	135	135	0	0	0
T20	135	135	135	0	0	0
T21	135	135	135	0	0	0
T22	136	136	136	0	0	0
T23	132	132	132	0	0	0
T24	127	127	127	0	0	0
T25	133	133	133	0	0	0
T26	133	133	133	0	0	0
T27	135	135	135	0	0	0
T28	134	134	134	0	0	0
T29	134	134	134	0	0	0
T30	134	134	134	0	0	0
T31	136	136	136	0	0	0
T32	136	136	136	0	0	0
T33	135	135	135	0	0	0
T34	136	136	136	0	0	0
T35	134	134	134	0	0	0
T36	134	134	134	0	0	0
T37 (EM2)	135	135	135	0	0	0
T38	134	134	134	0	0	0
T39	134	134	134	0	0	0
T40	133	133	133	0	0	0
T41	130	130	130	0	0	0
T42	134	134	134	0	0	0
T43	136	136	136	0	0	0
T44 (EM3)	135	135	135	0	0	0
T45	136	136	136	0	0	0
T46	137	137	137	0	0	0
T47	136	136	136	0	0	0
T48	136	136	136	0	0	0
T49	135	135	135	0	0	0
T50	133	133	133	0	0	0
T51	134	134	134	0	0	0
T52	135	135	135	0	0	0
T53	135	135	135	0	0	0
T54	135	135	135	0	0	0
T55 (EM 4)	135	135	135	0	0	0
T56	136	136	136	0	0	0
T57	137	137	137	0	0	0
T58	134	134	134	0	0	0
T59	138	138	138	0	0	0
T60	135	135	135	0	0	0
T61	137	137	137	0	0	0
T62	137	137	137	0	0	0
T63	134	134	134	0	0	0
T64	132	132	132	0	0	0
T65	137	137	137	0	0	0
T66	139	139	139	0	0	0
T67	137	137	137	0	0	0
T68	136	136	136	0	0	0
T69	136	136	136	0	0	0
T70	137	137	137	0	0	0
T71 (EM5)	132	132	132	0	0	0
T72	135	135	135	0	0	0
T73	136	136	136	0	0	0
T74	135	135	135	0	0	0
T75	135	135	135	0	0	0
T76	135	135	135	0	0	0
T77	133	133	133	0	0	0
T78	134	134	134	0	0	0
T79	134	134	134	0	0	0
T80	135	135	135	0	0	0
T81	137	137	137	0	0	0
T82	136	136	136	0	0	0
T83 (EM6)	136	136	136	0	0	0
T84	136	136	136	0	0	0
T85	138	138	138	0	0	0
T86	135	135	135	0	0	0

14.15. ANEXO Ñ: GRADO DE LINEALIDAD DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN UNA SIMULACIÓN DE MASA Y MOMENTOS

Apoyos	10_135	50_135	90_135	Relacion 10-50	Relacion 10-90	Relacion 50-90
T1	135	135	135	0	0	0
T2	134	134	134	0	0	0
T3	137	137	137	0	0	0
T4	138	138	138	0	0	0
T5	137	137	137	0	0	0
T6	135	135	135	0	0	0
T7	135	135	135	0	0	0
T8	136	136	136	0	0	0
T9	135	135	135	0	0	0
T10	134	134	134	0	0	0
T11	134	134	134	0	0	0
T12	133	133	133	0	0	0
T13	134	134	134	0	0	0
T14 (EM1)	133	133	133	0	0	0
T15	133	133	133	0	0	0
T16	133	133	133	0	0	0
T17	133	133	133	0	0	0
T18	132	132	132	0	0	0
T19	133	133	133	0	0	0
T20	133	133	133	0	0	0
T21	132	132	132	0	0	0
T22	132	132	132	0	0	0
T23	132	132	132	0	0	0
T24	132	132	132	0	0	0
T25	133	133	133	0	0	0
T26	133	133	133	0	0	0
T27	134	134	134	0	0	0
T28	133	133	133	0	0	0
T29	133	133	133	0	0	0
T30	133	133	133	0	0	0
T31	133	133	133	0	0	0
T32	133	133	133	0	0	0
T33	133	133	133	0	0	0
T34	133	133	133	0	0	0
T35	133	133	133	0	0	0
T36	133	133	133	0	0	0
T37 (EM2)	132	132	132	0	0	0
T38	132	132	132	0	0	0
T39	133	133	133	0	0	0
T40	133	133	133	0	0	0
T41	132	132	132	0	0	0
T42	133	133	133	0	0	0
T43	134	134	134	0	0	0
T44 (EM3)	135	135	135	0	0	0
T45	134	134	134	0	0	0
T46	135	135	135	0	0	0
T47	135	134	134	-1	-1	0
T48	134	134	134	0	0	0
T49	133	133	133	0	0	0
T50	132	132	132	0	0	0
T51	132	132	132	0	0	0
T52	133	133	133	0	0	0
T53	133	133	133	0	0	0
T54	132	132	132	0	0	0
T55 (EM 4)	132	132	132	0	0	0
T56	133	133	133	0	0	0
T57	133	133	133	0	0	0
T58	135	135	135	0	0	0
T59	135	135	135	0	0	0
T60	135	135	135	0	0	0
T61	136	136	136	0	0	0
T62	137	137	137	0	0	0
T63	136	136	136	0	0	0
T64	137	137	137	0	0	0
T65	137	137	137	0	0	0
T66	138	138	138	0	0	0
T67	136	136	136	0	0	0
T68	136	136	136	0	0	0
T69	134	134	134	0	0	0
T70	134	134	134	0	0	0
T71 (EM5)	132	132	132	0	0	0
T72	132	132	132	0	0	0
T73	133	133	133	0	0	0
T74	132	133	133	1	1	0
T75	133	133	133	0	0	0
T76	134	134	134	0	0	0
T77	133	133	133	0	0	0
T78	134	134	134	0	0	0
T79	135	135	135	0	0	0
T80	135	135	135	0	0	0
T81	136	136	136	0	0	0
T82	136	136	136	0	0	0
T83 (EM6)	136	136	136	0	0	0
T84	136	136	136	0	0	0
T85	135	135	135	0	0	0
T86	135	135	135	0	0	0

14.16. ANEXO O: CORRELACION DE LA VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO EN LA SIMULACION DE MASA

T14 (EM1) Correlation velocidad viento										T14 (EM1) Correlation direccion viento											
Apoysos		0	45	90	135	180	225	270	315	360	Apoysos		0	45	90	135	180	225	270	315	360
T1	1.0267798	1.06664502	1.0387593	0.9964184	1.0267798	1.06664502	1.0387593	0.9964184	1.0267798	1.06664502	T1	2	0	0	-2	0	0	0	-2	0	2
T2	0.98305894	0.4887785	1.0597084	1.09604295	0.98305894	0.4887785	1.0597084	1.09604295	0.98305894	0.4887785	T2	1	2	-1	-2	-1	-2	1	-1	-2	1
T3	1.2068489	1.1596092	1.0034676	1.06501258	1.2068489	1.1596092	1.0034676	1.06501258	1.2068489	1.1596092	T3	2	-5	0	0	2	-5	-2	-5	-2	0
T4	1.10903328	1.1880321	1.0471592	0.95822545	1.10903328	1.1880321	1.0471592	0.95822545	1.10903328	1.1880321	T4	6	-2	-6	2	6	-2	-6	2	6	-2
T5	0.92431513	0.9670302	0.97431334	0.93141006	0.92431513	0.9670302	0.97431334	0.93141006	0.92431513	0.9670302	T5	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
T6	0.92802692	0.91937039	1.04186937	1.043396	0.92802692	0.91937039	1.04186937	1.043396	0.92802692	0.91937039	T6	-4	3	3	-3	-3	4	3	3	-3	-4
T7	1.05614158	0.94640997	0.98997948	1.09607399	1.05614158	0.94640997	0.98997948	1.09607399	1.05614158	0.94640997	T7	-4	-4	-3	4	3	-4	-4	-3	4	3
T8	1.03016861	0.9261139	0.9277836	0.96999704	1.03016861	0.9261139	0.9277836	0.96999704	1.03016861	0.9261139	T8	0	-3	0	0	0	0	0	0	0	0
T9	1.03132941	0.68659941	0.98258897	0.94801717	1.03132941	0.68659941	0.98258897	0.94801717	1.03132941	0.68659941	T9	-3	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-3	-2
T10	1.0051805	1.01774972	0.99479592	0.97896306	1.0051805	1.01774972	0.99479592	0.97896306	1.0051805	1.01774972	T10	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1	1
T11	1.00790347	1.03495928	1.02690066	1.00064099	1.00790347	1.03495928	1.02690066	1.00064099	1.00790347	1.03495928	T11	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0
T12	0.92962926	1.00983347	1.02378006	0.94615103	0.92962926	1.00983347	1.02378006	0.94615103	0.92962926	1.00983347	T12	2	2	-2	-2	-2	2	2	-2	-2	-2
T13	1.01983214	0.9372211	1.00523812	0.98704031	1.01983214	0.9372211	1.00523812	0.98704031	1.01983214	0.9372211	T13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T14 (EM1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	T14 (EM1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T15	0.97378049	0.99360542	0.99058751	0.97151421	0.97378049	0.99360542	0.99058751	0.97151421	0.97378049	0.99360542	T15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T16	1.01920989	1.05722445	1.0455442	1.00877057	1.01920989	1.05722445	1.0455442	1.00877057	1.01920989	1.05722445	T16	1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	-1
T17	0.95493828	0.97649321	0.9264178	0.9712442	0.95493828	0.97649321	0.9264178	0.9712442	0.95493828	0.97649321	T17	0	0	-1	0	1	0	0	-1	0	-1
T18	0.98187521	1.0406165	1.02052309	0.9634387	0.98187521	1.0406165	1.02052309	0.9634387	0.98187521	1.0406165	T18										

14.17. ANEXO P: CORRELACION DE LA VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO EN LA SIMULACION DE MASA Y MOMENTOS

Estacion meteorologica												Estacion meteorologica																					
T14 (EM1) Correlacion velocidad viento												T14 (EM1) Correlacion direccion viento																					
Apoyos	0	45	90	135	180	225	270	315	360	Apoyos	0	45	90	135	180	225	270	315	360	Apoyos	0	45	90	135	180	225	270	315	360				
T1	0.9847802	1.0443908	1.155232	1.3150759	1.1826572	1.2674952	0.9799249	1.0351836	0.9847802	T1	0	2	3	4	2	1	-3	1	0	-2	2	-2	3	4	2	1	-3	1	0	-2			
T2	0.9666106	1.0476129	1.1438695	1.3186876	1.2304357	1.3025175	1.0114678	1.0624029	0.9666106	T2	0	2	4	5	1	1	-3	1	-1	-2	2	-2	3	4	2	1	-3	1	-1	-2			
T3	1.0201813	0.9401278	0.9863206	1.3283853	1.2219748	1.2298849	0.9692923	1.0612274	1.0201813	T3	0	3	8	4	1	-4	4	2	0	0	-2	-2	3	4	2	1	-3	1	-1	-2			
T4	1.1575755	0.9734971	0.9307811	1.3660745	1.2395868	1.2316057	0.9634141	1.1025920	1.1575755	T4	0	0	7	5	1	-5	4	4	0	0	-2	-2	3	4	2	1	-3	1	-1	-2			
T5	1.1265784	0.9768089	0.9084797	1.3635804	1.2256272	1.2189184	0.9629634	1.0690218	1.1265784	T5	0	-1	5	4	0	-5	3	3	0	0	-2	-2	3	4	2	1	-3	1	-1	-2			
T6	0.9109061	0.8569247	0.8718745	1.1669218	1.1553619	1.1312859	0.9567186	0.9867424	0.9109061	T6	-1	0	4	2	-1	-2	6	1	-1	-1	-2	-2	3	4	2	1	-3	1	-1	-2			
T7	1.0467661	0.8763882	1.0932909	1.3381087	1.1569538	1.0815566	1.0610356	1.0679546	1.0467661	T7	-2	1	4	2	-2	-2	7	2	-2	-2	-2	-2	3	4	2	1	-3	1	-1	-2			
T8	1.1566327	0.8943107	0.9607804	1.2277670	1.1370251	1.1621442	1.0753804	1.0104176	1.1566327	T8	0	-4	1	5	-1	-4	3	4	0	0	-2	-2	3	4	2	1	-3	1	-1	-2			
T9	1.0727049	0.9932606	0.9838959	1.0917234	1.0737038	1.0923376	1.1445354	0.9644435	1.0727049	T9	1	-2	-2	2	1	-2	-1	3	1	0	0	-2	-2	3	4	2	1	-3	1	-1	-2		
T10	1.02537124	0.9809554	0.97309576	1.01117908	1.00831279	1.01591017	1.11540352	0.95711336	1.02537124	T10	1	-1	-1	-3	1	1	4	0	-1	-2	1	0	0	-1	-2	1	0	0	-1	-2	1	0	0
T11	1.00719078	0.9844218	0.99722082	0.9805836	0.98502201	1.01962935	1.02961626	0.98717364	1.00719078	T11	0	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T12	0.98358922	1.00513029	1.02007073	0.97678898	0.96961389	1.01642817	0.9888297	0.98270367	0.98358922	T12	0	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T13	1.00332605	1.0340035	0.95781824	0.97706463	0.96232211	1.01009898	0.98976123	0.99635112	1.00332605	T13	0	-1	-1	-1	1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
T14 (EM1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	T14 (EM1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
T15	0.99081831	0.9617445	0.98824973	1.01070571	0.98835695	0.91466985	0.99407709	0.97370376	0.99081831	T15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T16	0.97734288	1.00058171	1.09748361	1.05958548	0.99864107	0.80759962	1.00663803	0.98033146	0.97734288	T16	-1	0	2	0	-1	-2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
T17	0.9502456	0.98631035	1.05948142	1.05720954	0.96543499	0.90203968	0.95269083	0.9647128	0.9502456	T17	-1	1	1	0	0	0	2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
T18	0.91746889	0.84083004	1.07211887	1.06128135	0.90763599	0.82845524	1.01346723	0.91237522	0.91746889	T18	-1	1	1	-1	-1	0	2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
T19	0.91352851	0.7815132	1.10489418	1.08682988	0.89715362	0.86090092	1.01684195	0.93204235	0.91352851	T19	-1	0	1	0	0	2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
T20	0.90053138	0.82961057	1.12792586	1.10295343	0.89627609	0.88824937	1.01867614	0.90558324	0.90053138	T20	-1	-1	-1	0	0	2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
T21	0.87813539	0.89682427	1.11275736	1.10795003	0.8865537	0.91833013	1.02781773	0.87878715	0.87813539	T21	-1	-1	-1	1	-1	-1	2	1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
T22	0.82722577	0.9580851	1.09751575	1.11914988	0.89315008	0.94476121	1.02027854	0.83445015	0.82722577	T22	-1	-1	-1	1	-1	-1	2	1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
T23	0.77407621	0.96378524	1.04387319	1.08758147	0.90992887	0.84751549	1.00781449	0.81541341	0.77407621	T23	-1	1	1	-1	-1	0	1	1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
T24	0.77407621	0.96378524	1.04387319	1.08758147	0.90992887	0.84751549	1.00781449	0.81541341	0.77407621	T24	-1	1	1	-1	-1	0	1	1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
T25	0.73292954	0.91604735	1.01148797	1.07425242	0.87735706	0.90193204	0.96672154	0.84422292	0.73292954	T25	-2	0	1	0	0	0	1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2		
T26	0.7532915	0.81604116	1.00137693	1.09990019	0.82552395	0.79746196	0.87900355	0.90300795	0.7532915	T26	-6	1	4	0	-3	0	4	-1	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	
T27	0.81185405	0.82768506	1.00795515	1.10283107	0.89585749	0.77667191	0.84858444	0.92321951	0.81185405	T27	-6	0	5	1	-3	-1	4	1	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6		
T28	0.83534117	0.72448142	1.01780158	1.11106466	1.01817682	0.79301849	0.87593019	0.91504887	0.83534117	T28	-5	1	4	0	-2	0	4	0	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5		
T29	0.88594808	0.78600613	1.08122313	1.12993962	1.0141144	0.77277551	0.93295668	0.90501583	0.88594808	T29	-2	1	2	0	0	-1	1	2	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2		
T30	0.87519852	0.82917424	1.0834624	1.14386857	0.96817748	0.7684207	0.93416235	0.88248917	0.87519852	T30	-1	0	2	0	-1	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
T31	0.88943923	0.8915433	1.08877877	1.1677602	0.92064874	0.71944868	0.95826861	0.88461038	0.88943923	T31	-2	0	2	0	-2	0	0	2	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2		
T32	0.84954672	0.91599498	1.07971291	1.17081601	0.88675618	0.72371493	0.94617862	0.86696437	0.84954672	T32	-1	0	2	0	-1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
T33	0.82880058	0.90267298	1.12317077	1.23046701	0.89076023	0.80187462	1.01040255	0.86714543	0.82880058	T33	-1	2	2	0	-2	0	2	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
T34	0.82324682	0.8406495	1.04989575	1.1941924	0.86948745	0.83424263	0.98090519	0.83514666	0.82324682	T34	-1	1	2	0	-1	1	2	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
T35	0.82240313	0.79597289	1.09626766	1.18803841	0.85756899	0.86422145	1.01243191	0.84002865	0.82240313	T35	-2	1	2	0	-2	1	2	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2		
T36	0.82039788	0.78294005	1.0563025	1.17016216	0.809802	0.85288895	1.04060978	0.80520629	0.82039788	T36	-2	1	2	0	-1	1	2	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2		
T37 (EM2)	0.70609567	0.7047407	0.93993543	1.11818665	0.75584775	0.88920511	0.93841033	0.73342643	0.70609567	T37 (EM2)	-1	2	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
T38	0.72940905	0.75318618	0.95411211	1.08321035	0.74679662	0.93283944	0.92994566	0.72168991	0.72940905	T38	0	1	0	0	-1	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T39	0.85973156	0.87634928	1.02158867	1.15476761	0.84595451	0.96208486	1.00020691	0.74361708	0.85973156	T39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
T40	0.96996336	0.98067234	1.05165807	1.17013315	0.89047698	0.91818771	1.06908005	0.77990761	0.96996336	T40	1	0	0	-1	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T41	0.92097723	1.03533584	1.18013159	1.33488657	0.94538003	0.93187468	1.18629903	0.91221835	0.92097723	T41	-1	2	1	-1	-1	-1	2	2	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
T42	0.99223996	0.91144817	1.08087521	1.3140379	0.97874652	0.90566116	1.16006143	0.94895733	0.99223996	T42	-1	2	0	0	-1	0	0	2	1	-2	-2												

14.18. ANEXO Q: RESULTADOS DEL EJEMPLO 1

Apoyos	Velocidad viento (km/h)	Direccion viento (°)
T1	19.9345569	96.77777778
T2	19.76193928	97.55555556
T3	17.31136344	100.5555556
T4	16.49618152	99.77777778
T5	16.14948159	97.88888889
T6	15.50469767	96.77777778
T7	18.1533562	96.77777778
T8	16.76931609	94.22222222
T9	16.93695699	91.44444444
T10	16.65469041	90.44444444
T11	16.98876448	92.22222222
T12	17.34068636	92.11111111
T13	16.36734915	92.22222222
T14(EM1)	17.05966299	93
T15	17.04746741	93
T16	18.66895847	94.77777778
T17	18.60298858	93.88888889
T18	18.27461827	93.77777778
T19	18.82350601	93.88888889
T20	19.20662249	93.88888889
T21	18.97644843	93.77777778
T22	18.76074725	94.66666667
T23	17.87010613	93.77777778
T24	17.87010613	93.77777778
T25	17.34464822	93.88888889
T26	17.22286558	96.55555556
T27	17.32991563	97.55555556
T28	17.49560524	96.55555556
T29	18.51438559	94.77777778
T30	18.95838647	94.77777778
T31	18.68619991	94.77777778
T32	18.54872879	94.77777778
T33	19.31306824	94.77777778
T34	18.66430665	94.77777778
T35	18.832094	94.77777778
T36	18.18166849	94.77777778
T37(EM2)	16.28775397	93.77777778
T38	16.45990118	92.88888889
T39	17.6168152	93
T40	18.10894789	92.11111111
T41	20.35210031	93.77777778
T42	18.77000734	94.77777778
T43	17.01850612	94.88888889
T44(EM3)	16	95
T45	15.18398728	94.88888889
T46	15.12568577	95
T47	15.96075032	95
T48	16.42793472	91.33333333
T49	17.70596697	92.11111111
T50	19.7469081	92
T51	21.12116945	92
T52	19.33985046	94.77777778
T53	18.06247237	94.77777778
T54	17.57878112	93.77777778
T55(EM4)	18.18414181	93.77777778
T56	18.38423512	93.88888889
T57	18.9206489	94.77777778
T58	17.21620712	95
T59	16.87895726	95
T60	15.43108413	95
T61	12.66895721	96
T62	12.68006285	95.22222222
T63	13.26039744	94.22222222
T64	11.66895082	93.44444444
T65	11.8207153	92.55555556
T66	12.32605971	92.66666667
T67	14.08152095	91.55555556
T68	14.3637337	91.55555556
T69	15.60117576	90.44444444
T70	15.54370711	91.33333333
T71(EM5)	15.35001828	91.11111111
T72	15.38145656	91.11111111
T73	14.77299116	91.22222222
T74	15.28088969	92
T75	16.31301891	92.11111111
T76	16.80049893	93.11111111
T77	17.02774748	95.66666667
T78	16.28206035	97.55555556
T79	15.44993207	96.77777778
T80	15.15903538	95
T81	15.08174574	95.11111111
T82	15.56687005	93.33333333
T83(EM6)	15.85937053	91.55555556
T84	18.39491676	88.88888889
T85	17.47417197	89.66666667
T86	17.506465	89.66666667

BIBLIOGRAFÍA

- Norma IEEE 738
- Norma Cigre TB601
- <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales> (10-12-16)
- <http://tecamb-sig.blogspot.com.es/2012/12/primera-unidad.html> (15-12-16)
- <http://educaciongeograficasally.blogspot.com.es/2015/03/codigos-de-trasmision-de-informacion.html> (16-12-16)
- http://www.construmatica.com/construpedia/Componentes_y_Funcionalidades_de_un_SIG (16-12-16)
- <https://www.firelab.org/project/windninja><https://github.com/firelab/windninja> (03-01-16)
- <https://firelab.github.io/windninja/> (12-01-17)
- <http://www.qgistutorials.com/es/> (25-04-17)
- <http://docs.qgis.org/2.2/es/docs/index.html> (25-04-17)
- <https://www.altergeosistemas.com/blog/2014/03/28/importando-datos-de-osm-en-qgis-2/> (20-01-17)
- <http://mappinggis.com/2013/10/como-crear-una-capa-partir-de-una-tabla-con-coordenadas-xy/> (25-01-17)
- <http://mappinggis.com/2014/03/como-trabajar-con-raster-en-qgis/> (13-02-17)
- <http://www.cursosgis.com/index.php/blog-cursosgis/266-como-extraer-valores-de-archivos-raster-a-entidades-de-punto-con-arccgis.html> (03-03-17)
- <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscar.do;jsessionid=5741B67E64BA8C742A207A356591A9ED#> (24-02-17)
- http://docs.qgis.org/2.6/es/docs/pyqgis_developer_cookbook/ (10-05-17)
- <https://joseguerreroa.wordpress.com/category/pyqgis/> (10-05-17)
- <https://github.com/qgis> (10-05-17)

- <http://sistemasdeinformaciongeografica911.blogspot.com.es/2014/04/creacion-de-modelos-de-elevacion-del.html> (07-02-17)
- https://docs.qgis.org/2.8/es/docs/user_manual/processing/console.html (16-05-17)
- <https://www.youtube.com/watch?v=y2b7URF8lZg> (15-03-17)
- <http://carbajallosa.blogspot.com.es/2013/07/distance-matrix-como-herramienta-de.html> (24-04-17)
- http://wiki.salud.gob.sv/wiki/Quantum_GIS (20-12-16)