

Informe de Avance: 27 de Noviembre 2018

Resumen: En este informe se presentan todos los resultados obtenidos hasta el momento para el trabajo de tesis. Se comentan las principales conclusiones de lo obtenidos y se dan lineamiento acerca de como proseguir.

1. Aspectos Generales de los Resultados

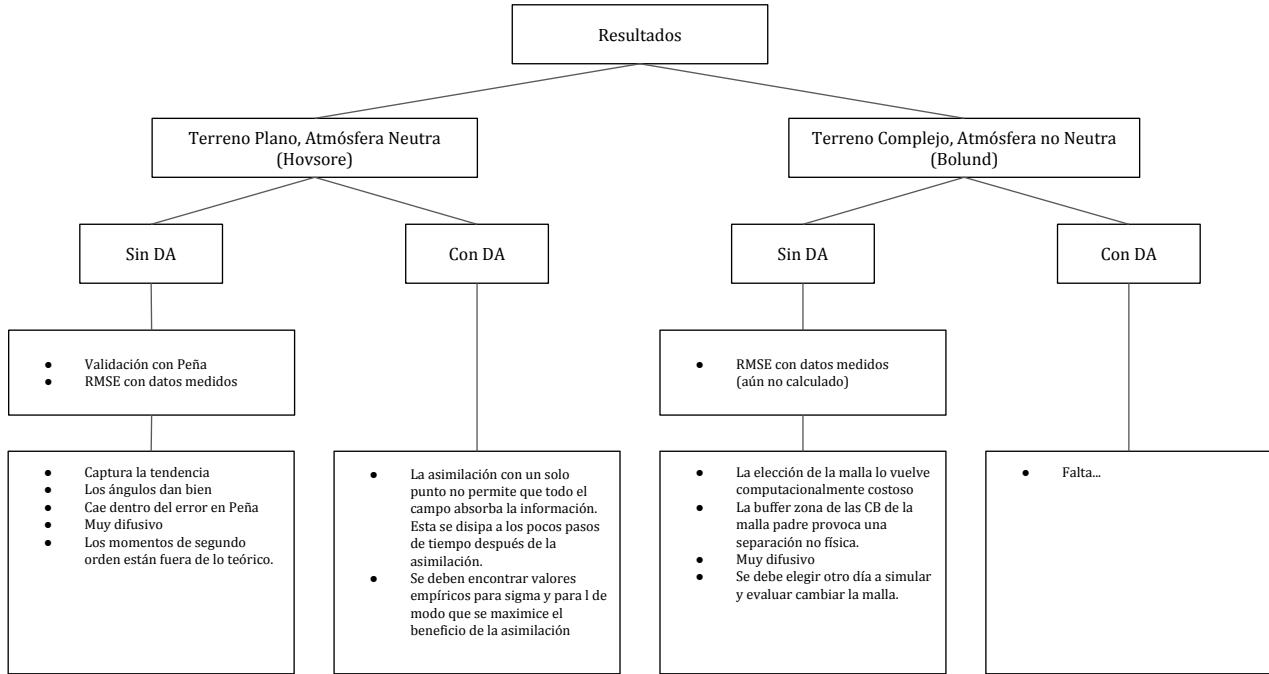


Figura 1.1: Resumen de experimentos numéricos, sus validaciones y conclusiones.

Principales comentarios con respecto a los resultados:

- Se subestima la velocidad del viento en los niveles mas bajos del dominio. El modelo está siendo muy difusivo, sin embargo el valor de C_s para la ecuación tke ya es el mínimo recomendado. Se podría probar bajándolo más.
- Con respecto a las condiciones de borde e iniciales de la ecuación tke , no hay información oficial en la literatura ni en la documentación del WRF, sin embargo, el código da a entender que las condiciones de borde las obtiene del dominio padre, y que la condición inicial es $tke = 0$ en todo el dominio y a medida que el modelo empieza a integrar en el tiempo, la energía cinética turbulenta se va generando.
- La subestimación en los niveles inferiores también podría estar dado por la parametrización de la capa de superficie (la que calcula u^*), se podría probar con otros modelos.
- Se está interesado en saber como mejora la solución si se agregan mas elementos en la malla vertical. Actualmente se está simulando el caso Hovsøre con una malla mas fina (la misma del caso Bolund). Esta malla aumento considerablemente los criterios de estabilidad del sistema y por lo tanto el tiempo de simulación. Si los resultados dan muy parecidos, se podría evaluar cambiar la malla del caso Bolund a una mas gruesa.

2. Caso 1: Hovsore terreno plano s/ DA

2.1. Aspectos generales de las simulaciones

Tabla 1: Dominio numerico espacial y temporal para simulación del caso Høvsøre.

Parámetro	Selección
Fecha	2010-09-08
Hora Inicio	06:00:00
Hora Término	20:00:00
Puntos Malla Vert.	47
P_{top}	5000 kPa
# Dominios	7
Lat. Centro	56.447984
Lon. Centro	8.151570

Tabla 2: Valores característicos de cada dominio.

Dominio	d01	d02	d03	d04	d05	d06	d07
N_x	107	107	107	107	107	107	107
N_y	107	107	107	107	107	107	107
$\Delta x = \Delta y$ [m]	30000	10000	3333.3	1111.1	222.22	74.074	24.691
Δt [s]	90	30	10	3.333	0.666	0.222	0.074
Orografía	GMTED2010	GMTED2010	GMTED2010	ASTER	ASTER	ASTER	ASTER
Uso de Suelo	USGS	USGS	USGS	CLC12	CLC12	CLC12	CLC12

Tabla 3: Parametrizaciones físicas utilizadas en el modelo.

Dominio	d01	d02	d03	d04	d05	d06	d07
Micro-físicas	WSM5						
Cúmulos	Grell	Grell	–	–	–	–	–
Capa Superficial	MM5						
PBL	YSU	YSU	YSU	YSU	–	–	–
Modelo LES	–	–	–	–	1.5TKE	1.5TKE	1.5TKE
Modelo de Suelo	Difus.						
Rad. Onda Larga	RRTM						
Rad. Onda Corta	Dudhia						

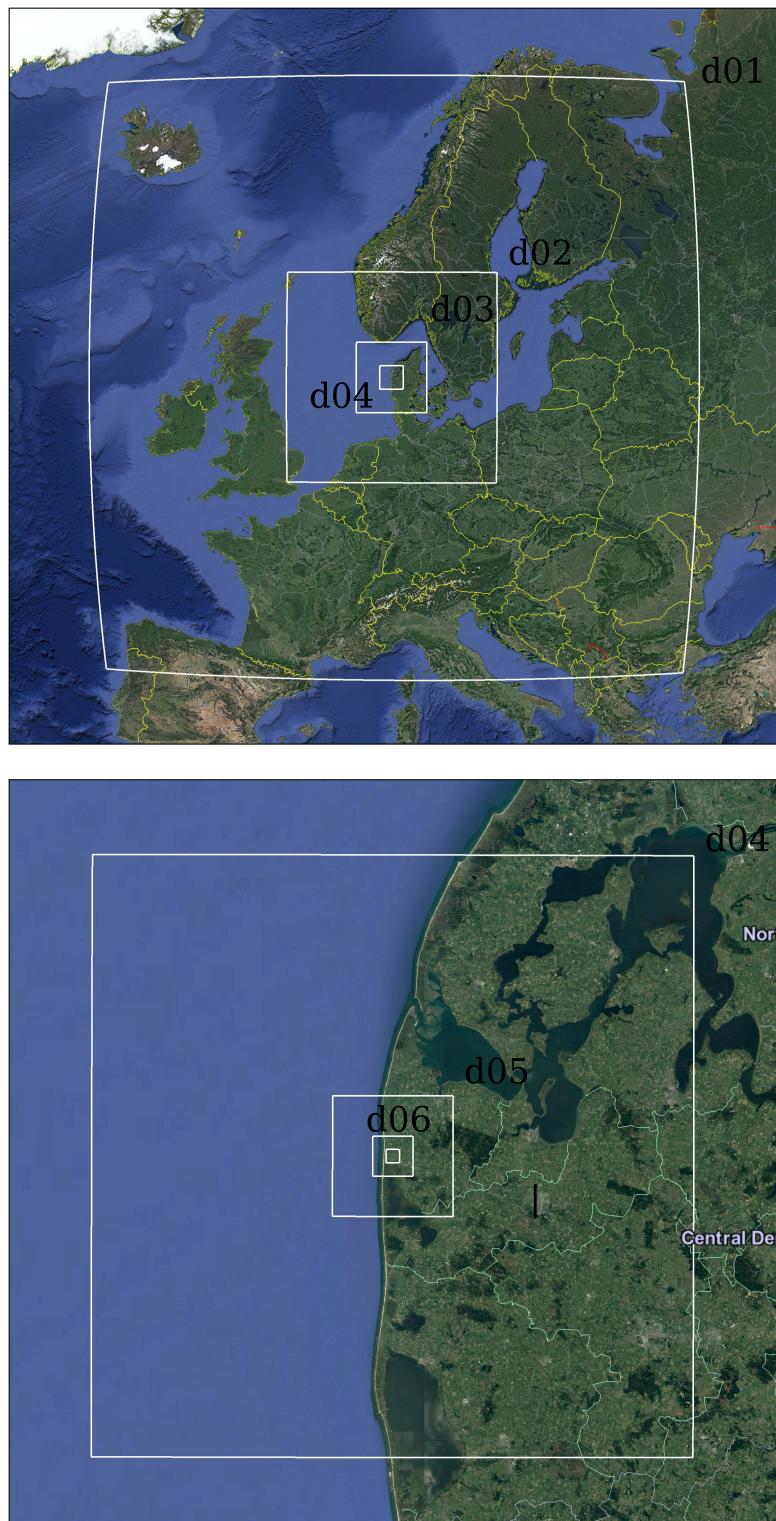


Figura 2.1: Distribución telescópica de los 7 mallas anidadas en el dominio numérico.

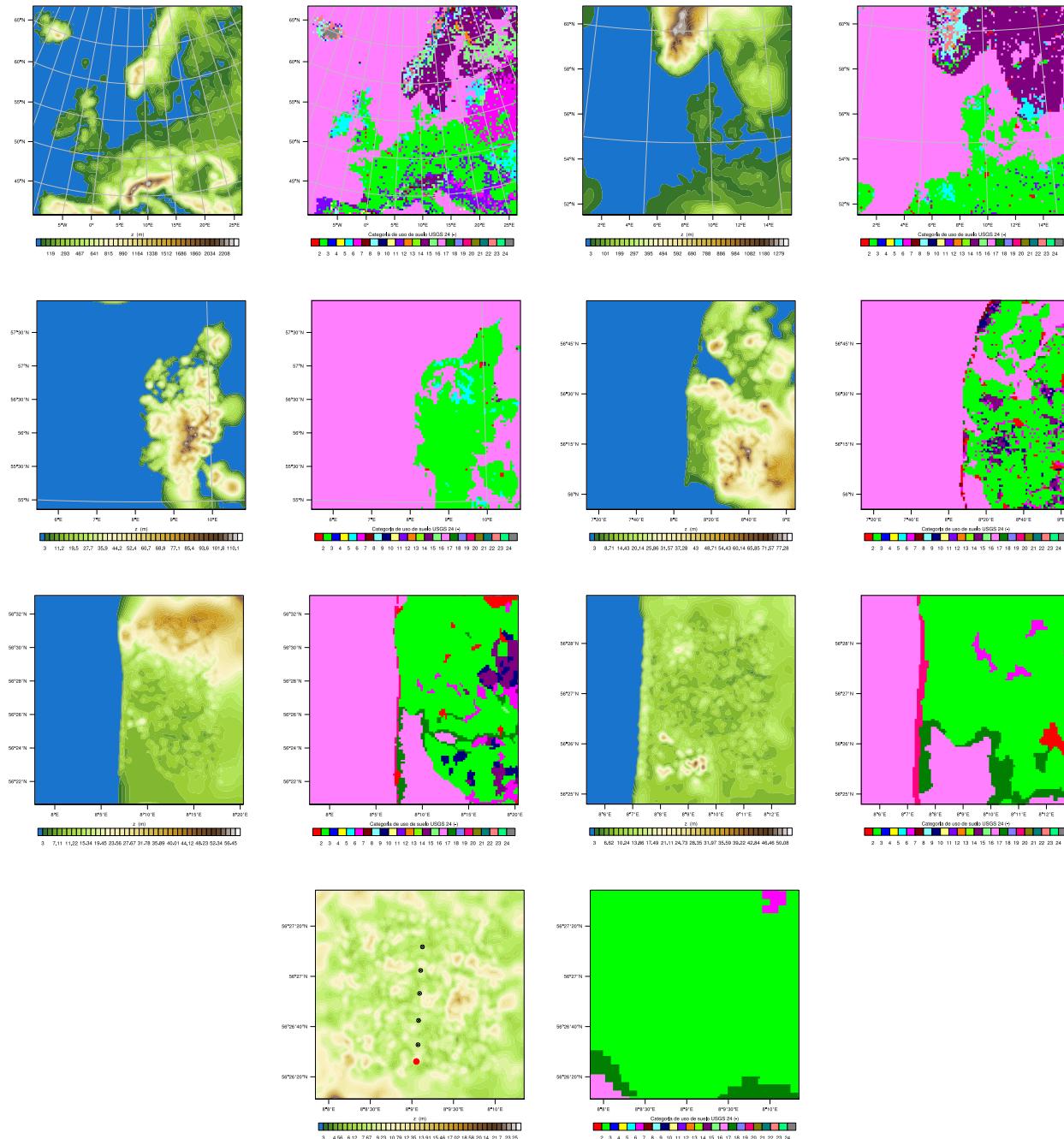


Figura 2.2: Orografía (MSNM) y uso de suelo (categoría USGS24) de alta definición para cada uno de las mallas anidadas (d01-d07). Para el dominio d07 se presenta la ubicación del punto de control (rojo) y la distribución de turbinas eólicas en la zona (negro).

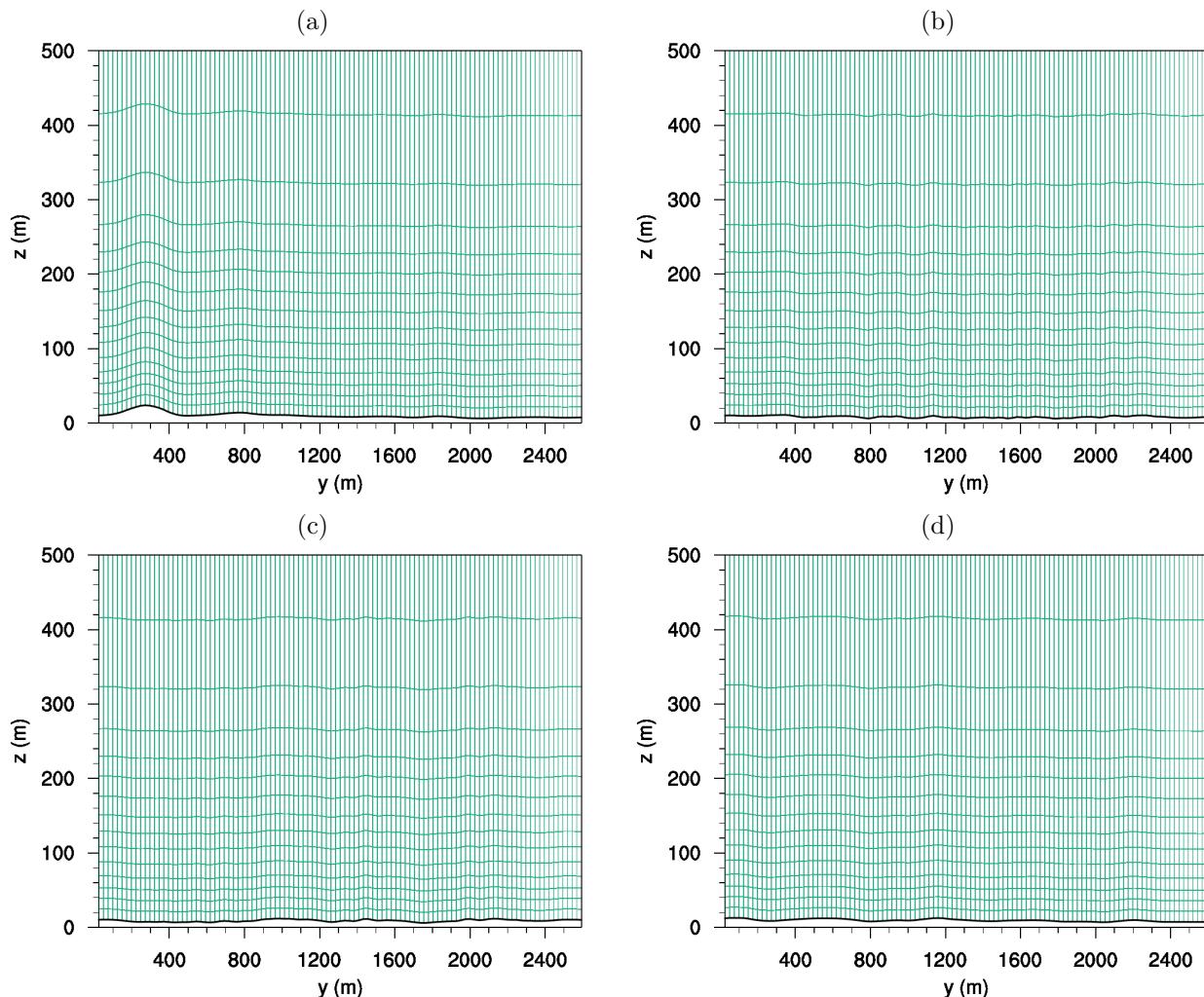


Figura 2.3: Distribución de la malla vertical a través de distintos cortes en el plano $x - z$. (a) $n_y = 1$ (b) $n_y = 33$ (c) $n_y = 66$ (d) $n_y = 101$.

2.2. Resultados

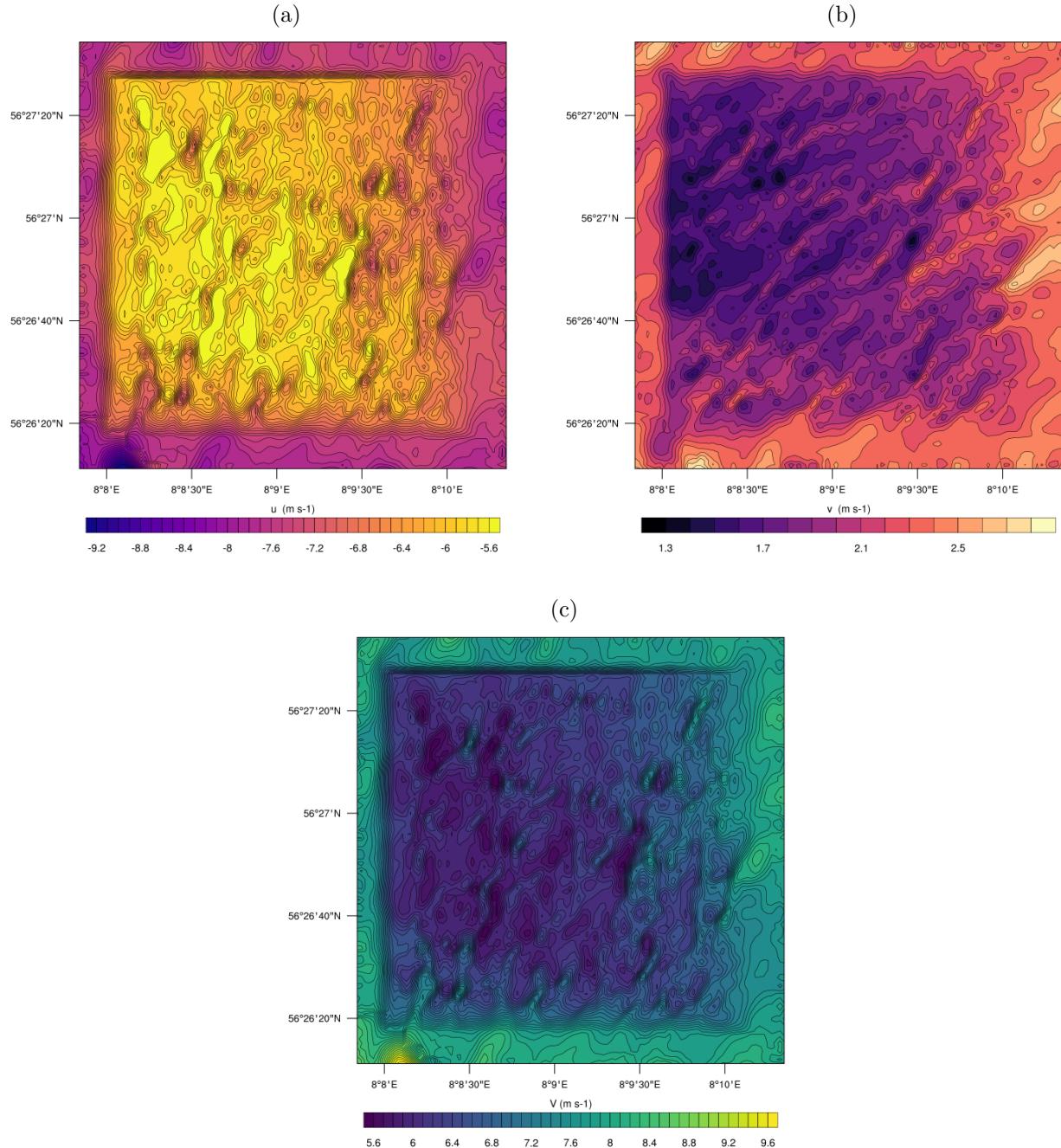


Figura 2.4: (a) Componente u de la velocidad a 10 metros sobre el suelo para el tiempo 2010-09-08 15:00:00. (b) Idéntico al anterior pero para la componente v . (c) Magnitud V del viento. Notar las estructuras del campo de velocidad.

2.2.1. Comparación con datos experimentales

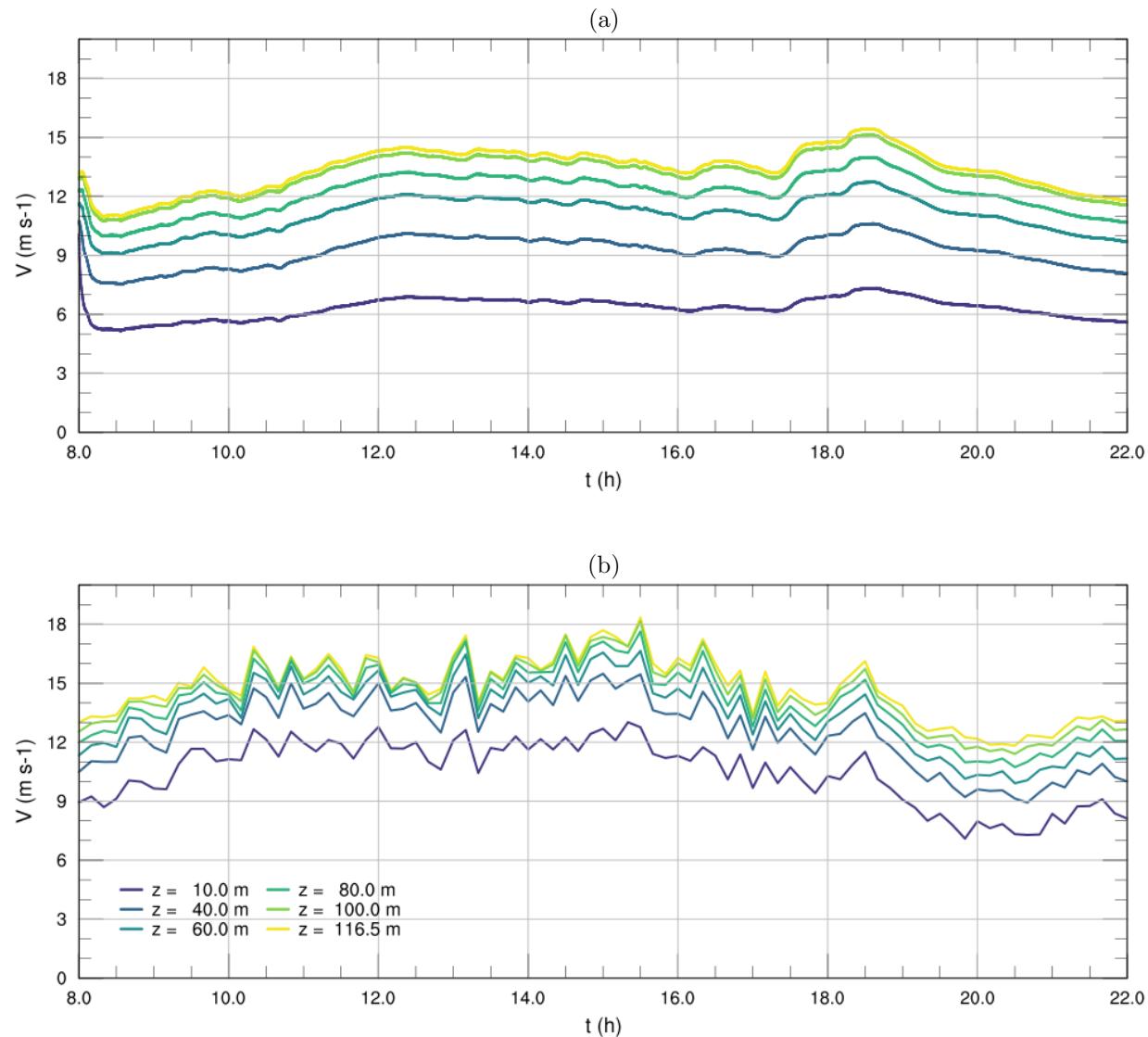


Figura 2.5: Serie de tiempo para la rapidez instantánea del viento V a distintos niveles verticales para (a) simulación numérica interpolada según ley logarítmica y (b) datos medidos en el mástil meteorológico en el punto de control.

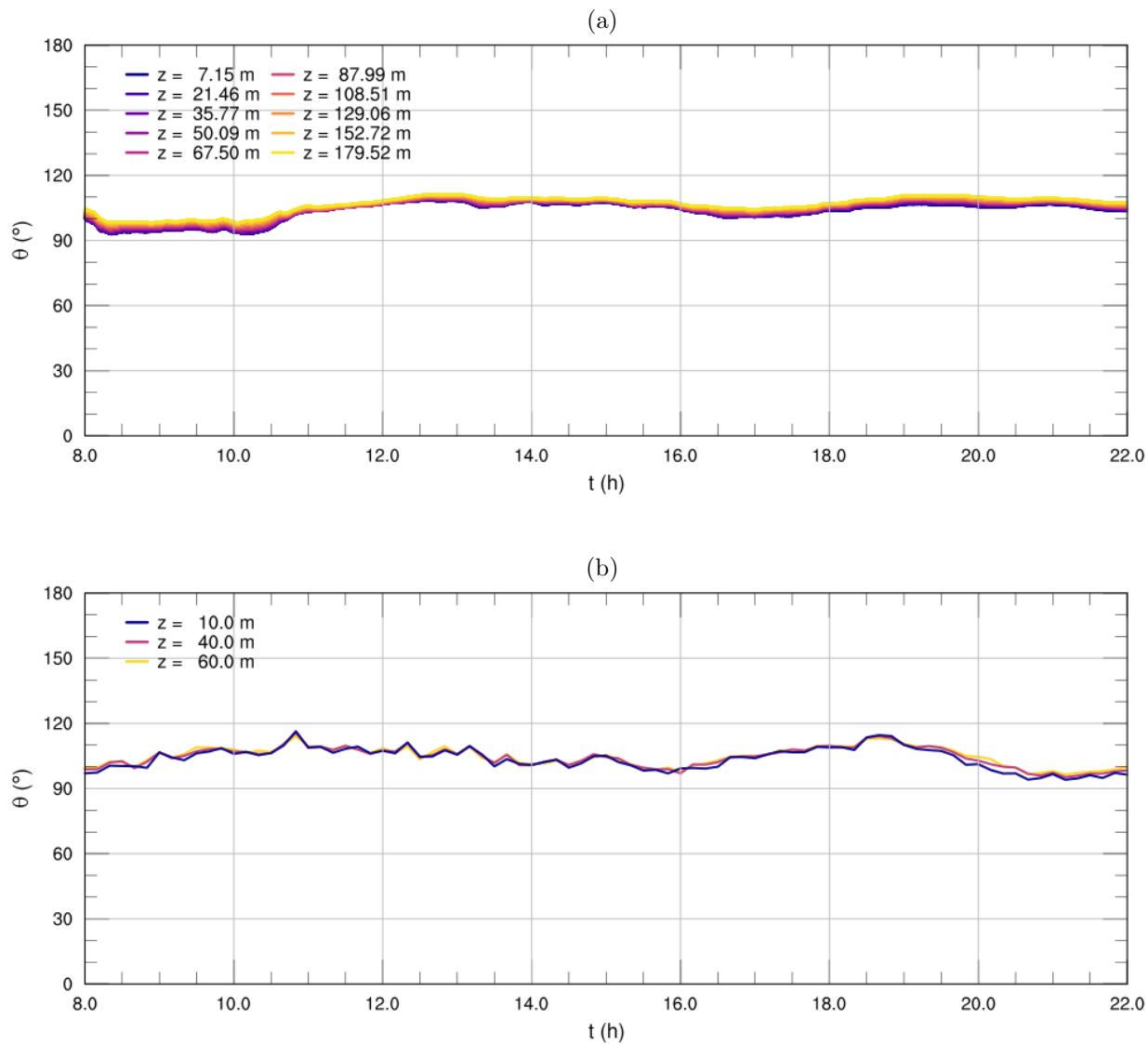


Figura 2.6: Serie de tiempo para la dirección del viento θ a distintos niveles verticales para (a) simulación numérica y (b) datos medidos en el mástil meteorológico en el punto de control.

2.2.2. Obtención del largo de capa límite

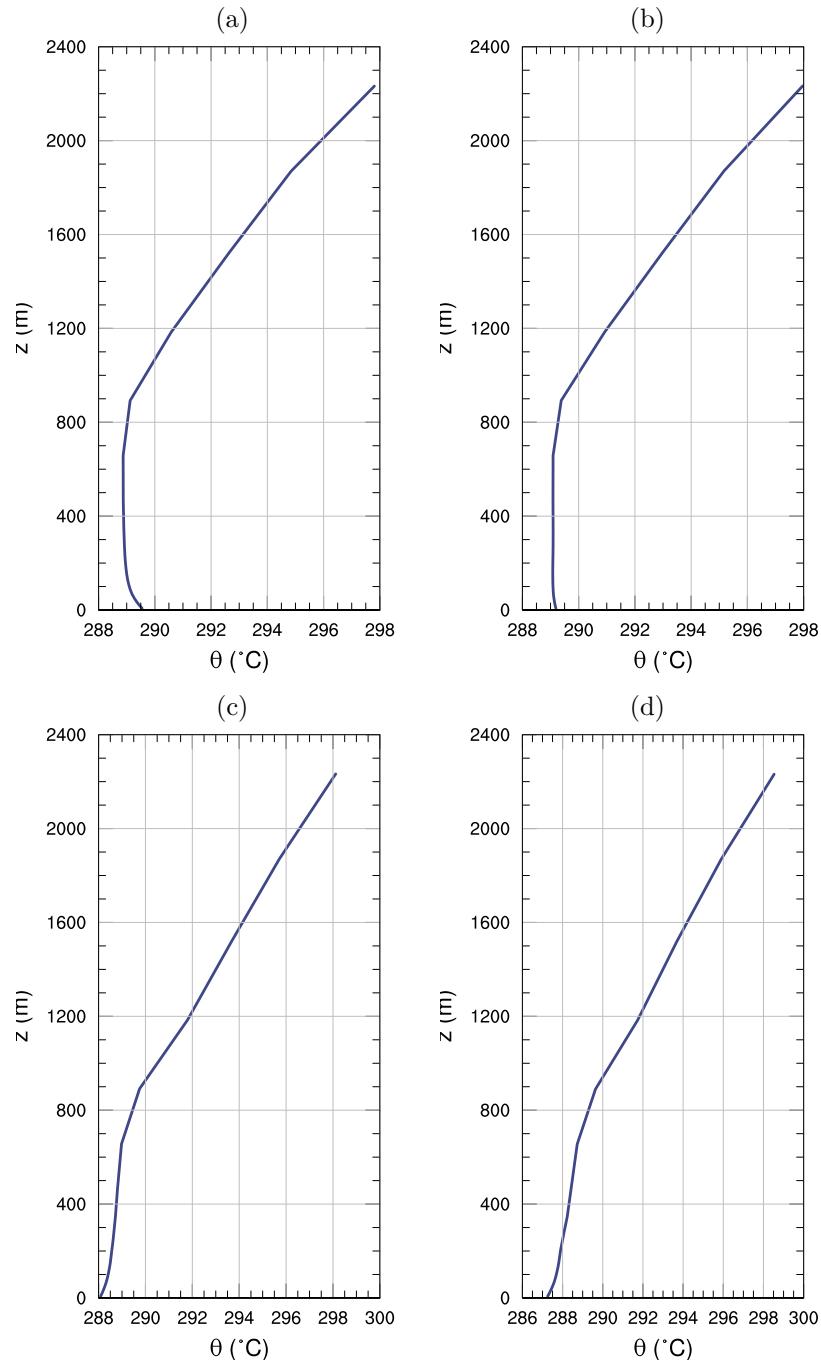


Figura 2.7: Perfiles de temperatura potencial promedio para distintas horas del día. (a) 12:00 a 15:20, (b) 13:30 a 16:50, (c) 16:00 a 19:20, (d) 17:40 a 21:00.

2.2.3. Comparación con Peña et. al. (2013)

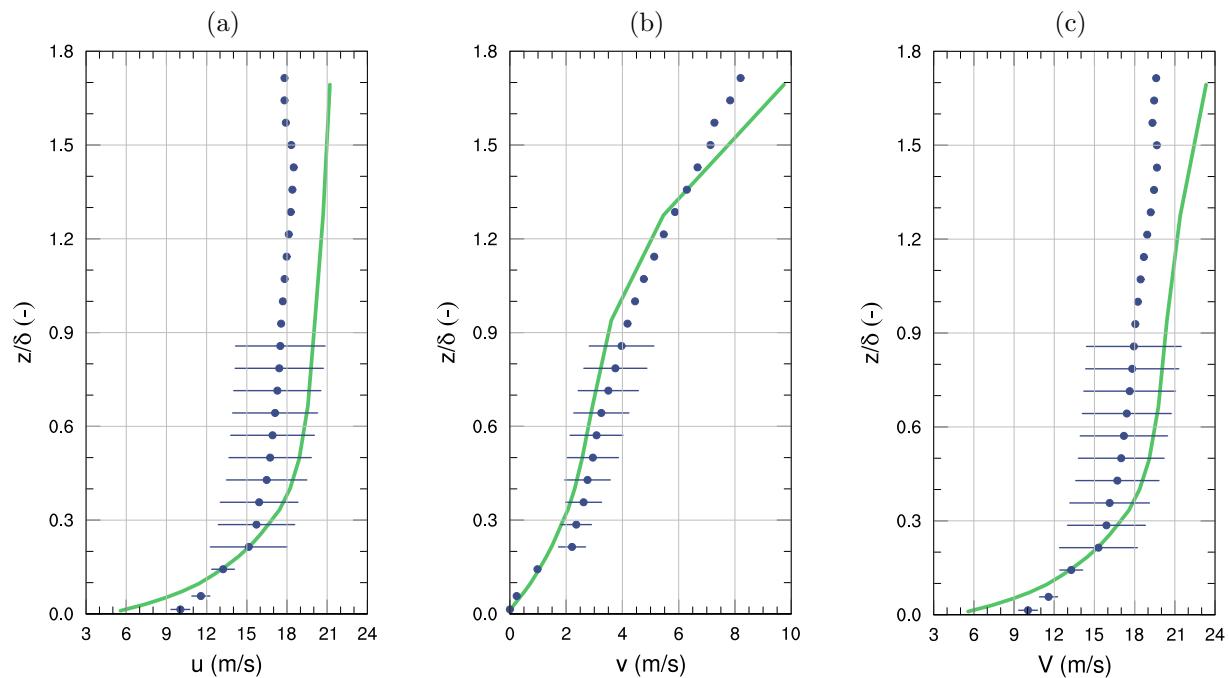


Figura 2.8: Comparación de los resultados con los datos experimentales presentados por Peña et. al.(2013) para (a) componente u de la velocidad del viento, (b) componente v y (c) magnitud de la velocidad del viento. Los datos corresponden a promedios temporales entre las 13:30 y 16:50, y han sido rotados de tal forma que su dirección sea 0° a los 10m.

2.2.4. Resultados adicionales del modelo

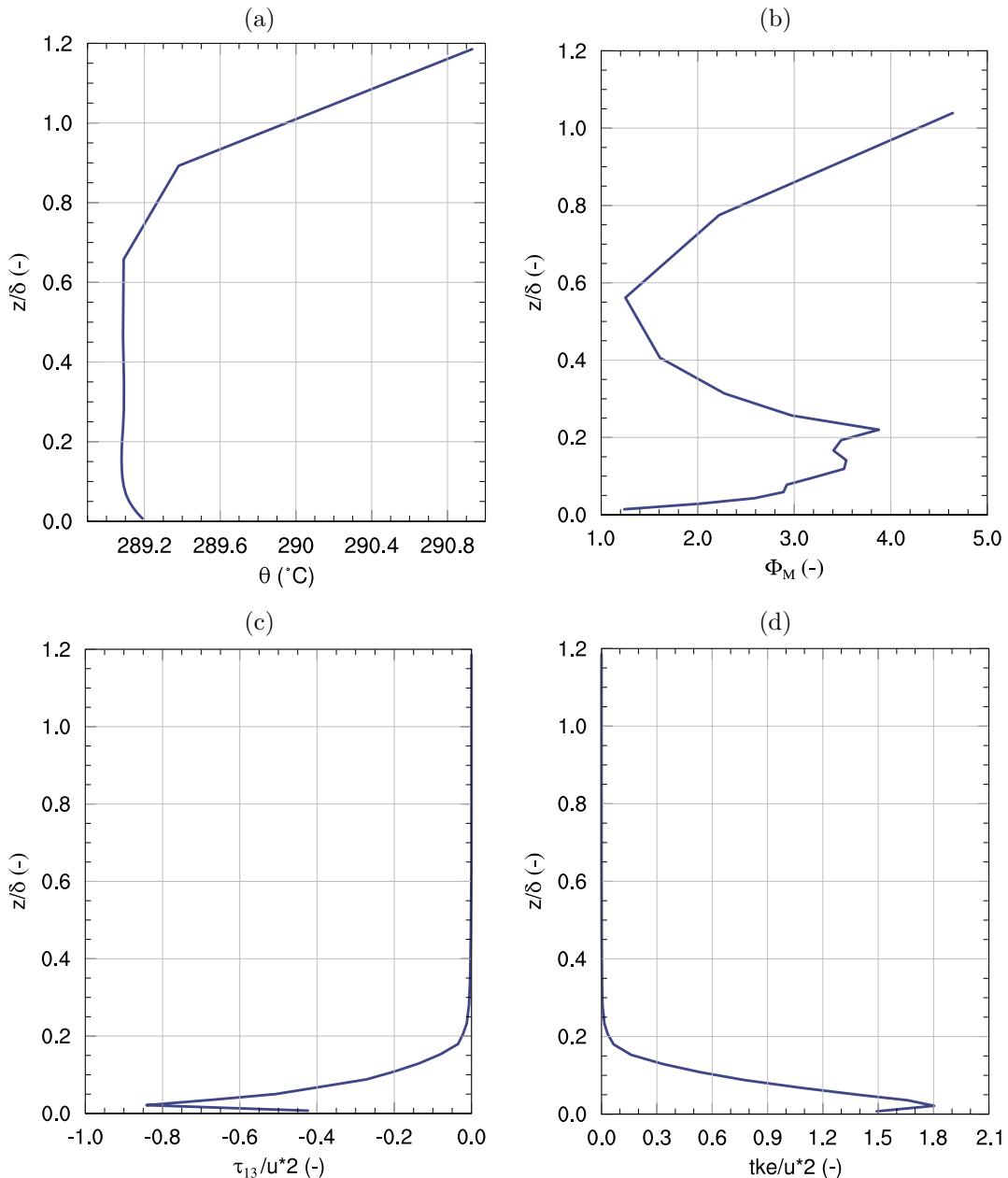


Figura 2.9: Algunos resultados promedios (normalizados) del modelo obtenidos en el intervalo entre las 13:30 y 16:50. (a) Perfil de temperatura potencial. (b) Perfil del gradiente de velocidad. (c) Esfuerzo de submalla. (d) Energía cinética turbulenta de submalla.

2.3. Resultados obtenidos por posproceso

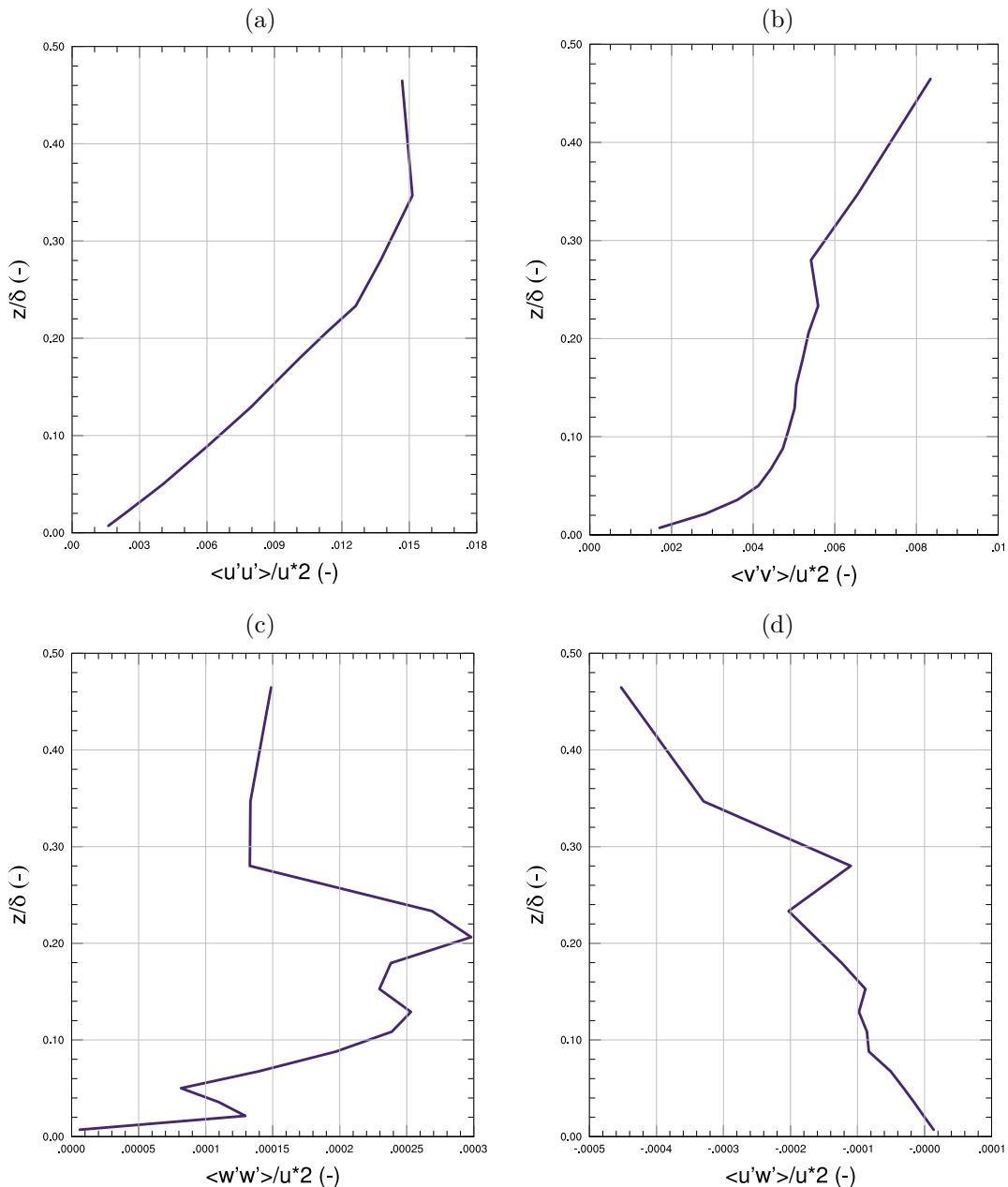


Figura 2.10: Resultados promedios (normalizados) obtenidos en el intervalo entre las 13:30 y 16:50 para (a) Varianza de la componente u . (b) Varianza de la componente v . (c) Varianza de la componente w . (d) Covarianza entre la componente horizontal del viento y la vertical.

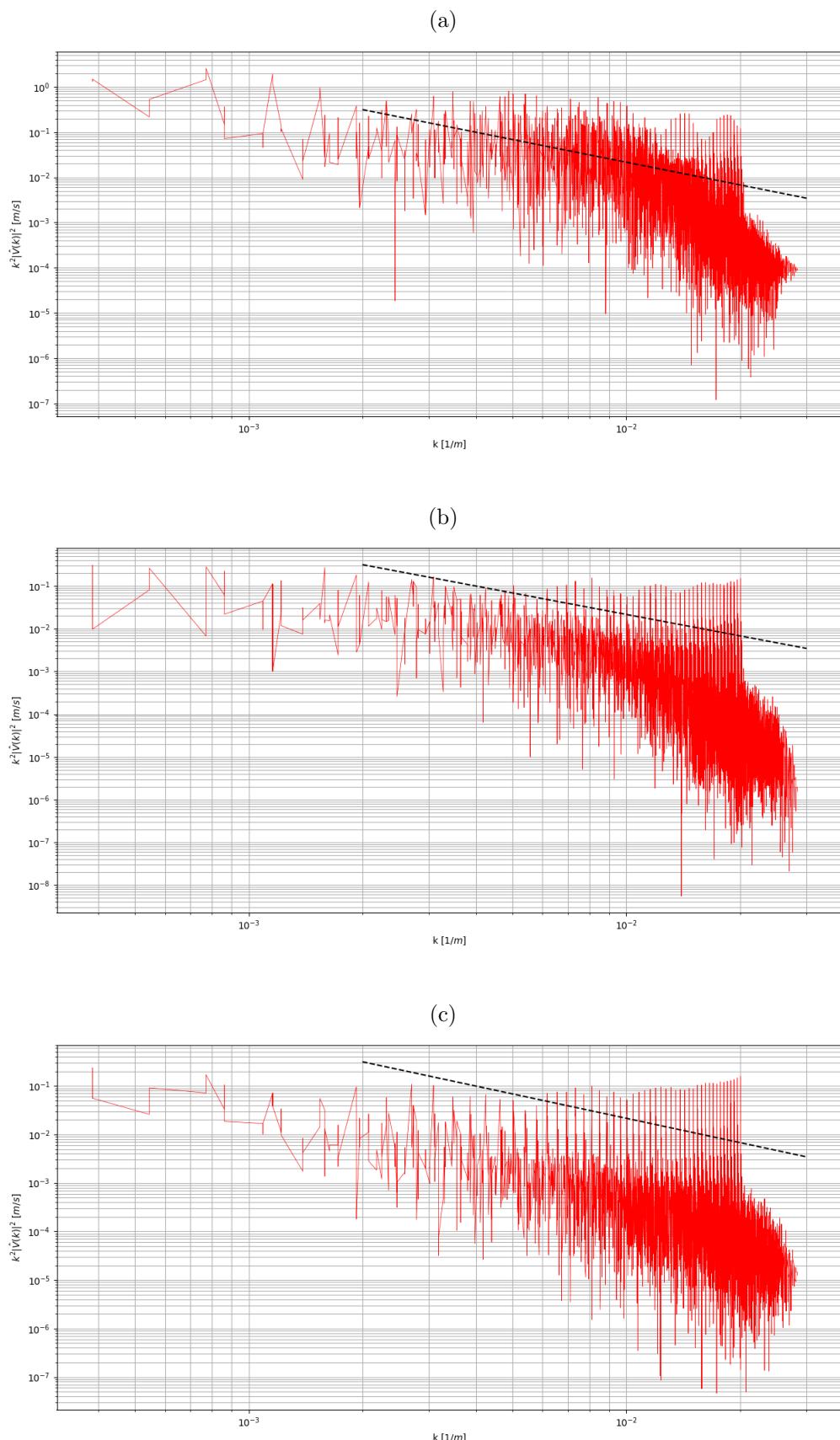


Figura 2.11: Espectros de velocidad V para (a) $\eta = 1$ (b) $\eta = 5$ (c) $\eta = 10$.

3. Caso 2: Hovsore terreno plano c/ DA

3.1. Aspectos generales del proceso de asimilación de datos

A modo de implementar una mejora para la simulación multiescala a alta resolución que se está realizando, es que se plantea la utilización de un método de asimilación de datos para poder anclar ciertos valores conocidos dentro de la simulación y así obtener resultados mas acordes a la realidad.

La base teórica de la asimilación de datos en WRF ya se mencionó en informes anteriores. A continuación se presentan la información relevante para la correcta ejecución del sistema de asimilación y su replicabilidad.

Tabla 4: Características del proceso de DA.

Parámetro	Selección
Hora Inicio DA	06:00:00
Hora Término DA	12:00:00
Intervalo de DA	10 mins.
Puntos a Anidar	5
Variables	u, v
Lat. Mástil	56.440582
Lon. Mástil	8.150896
Alturas	10m, 40m, 60m, 80m, 100m

Los valores a asimilar son los valores tomados experimentalmente en el mástil meteorológico de Høvsøre y que se pueden ver en la Figura 2.5.

3.2. Resultados

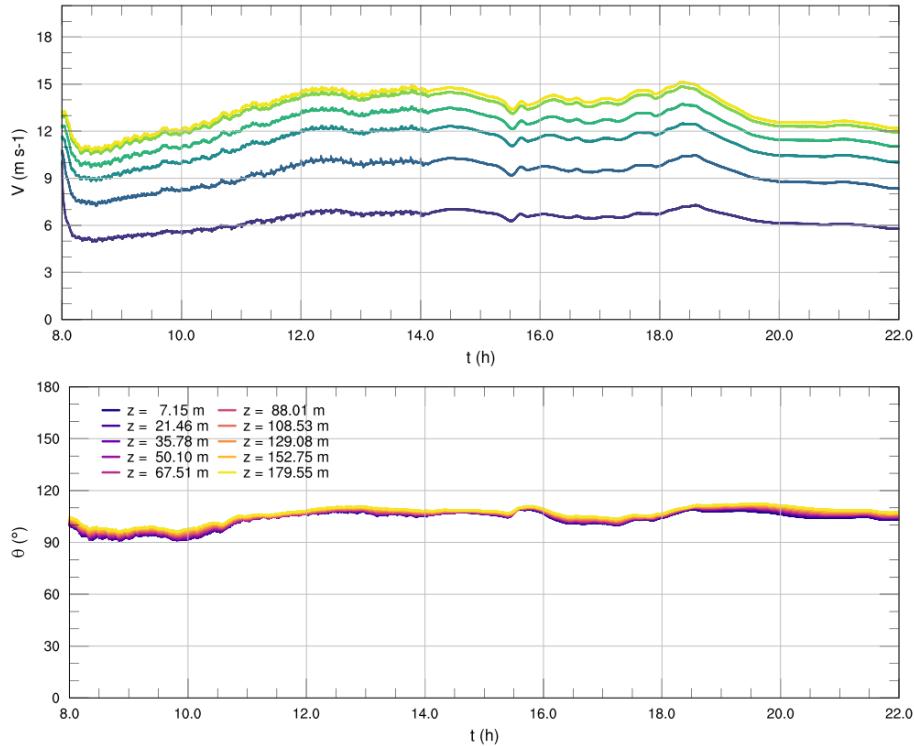


Figura 3.1: Serie de tiempo para rapidez y dirección simulados en el punto de control.

$$l_1 = l_2 = 0,3 \quad \sigma_1 = \sigma_2 = 4,0 \quad \text{RMSE} = 3.09348, \text{MAE} = 1.6366.$$

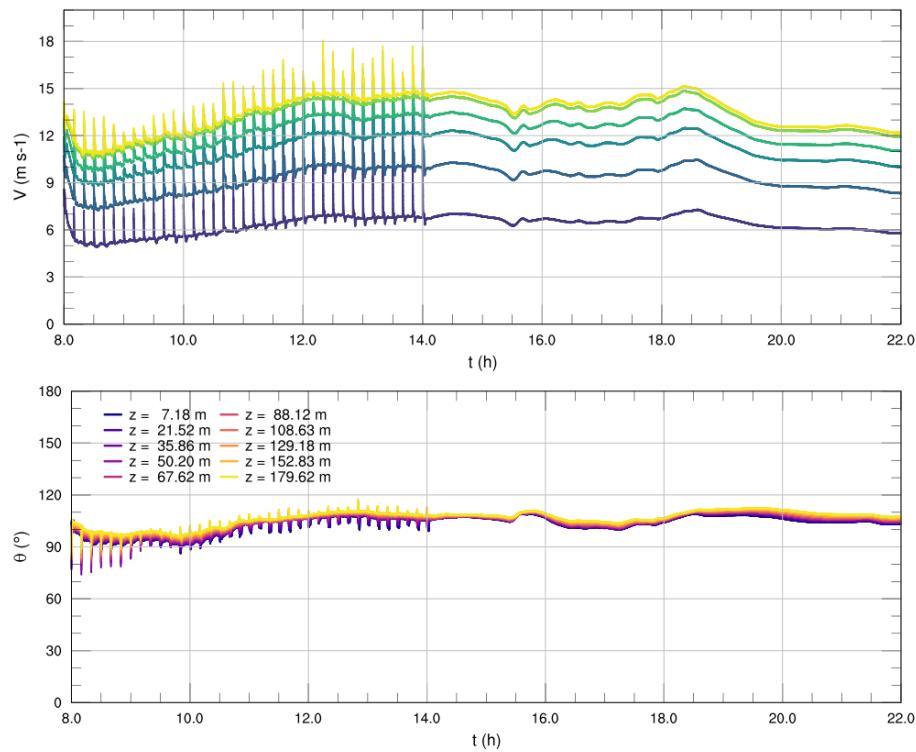


Figura 3.2: Serie de tiempo para rapidez y dirección simulados en el punto de control.
 $l_1 = l_2 = 0,5$ $\sigma_1 = \sigma_2 = 200,0$ RMSE = 3.09593, MAE = 1.63719.

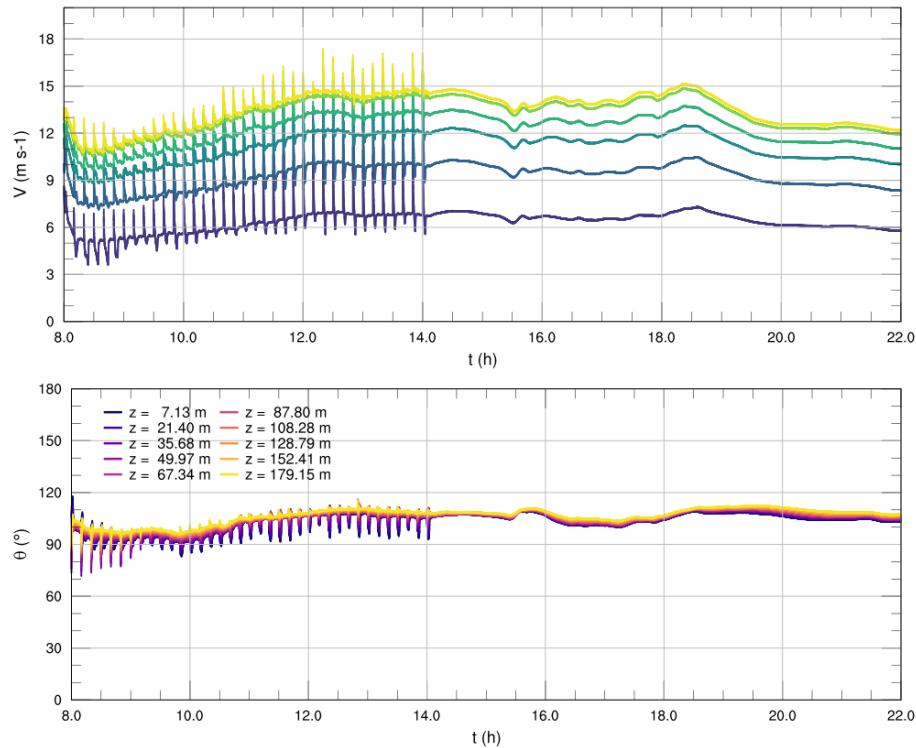


Figura 3.3: Serie de tiempo para rapidez y dirección simulados en el punto de control.
 $l_1 = l_2 = 1,5$ $\sigma_1 = \sigma_2 = 400,0$ RMSE = 3.09051, MAE = 1.63559.

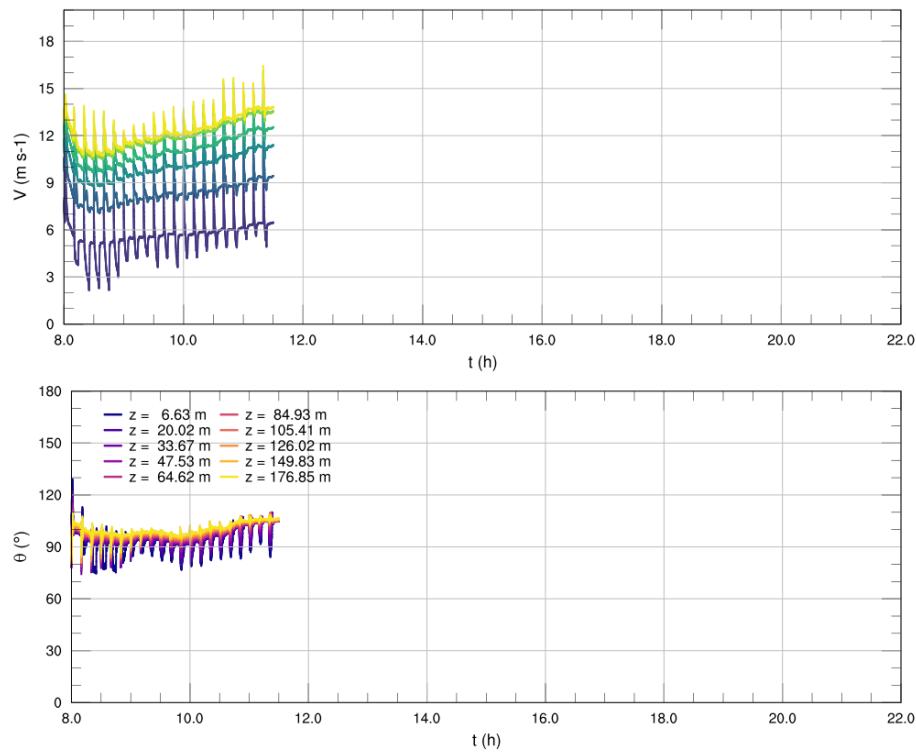


Figura 3.4: Serie de tiempo para rapidez y dirección simulados en el punto de control.
 $l_1 = l_2 = 1,5 \quad \sigma_1 = \sigma_2 = 2000,0 \quad \text{RMSE} = -, \text{MAE} = -.$

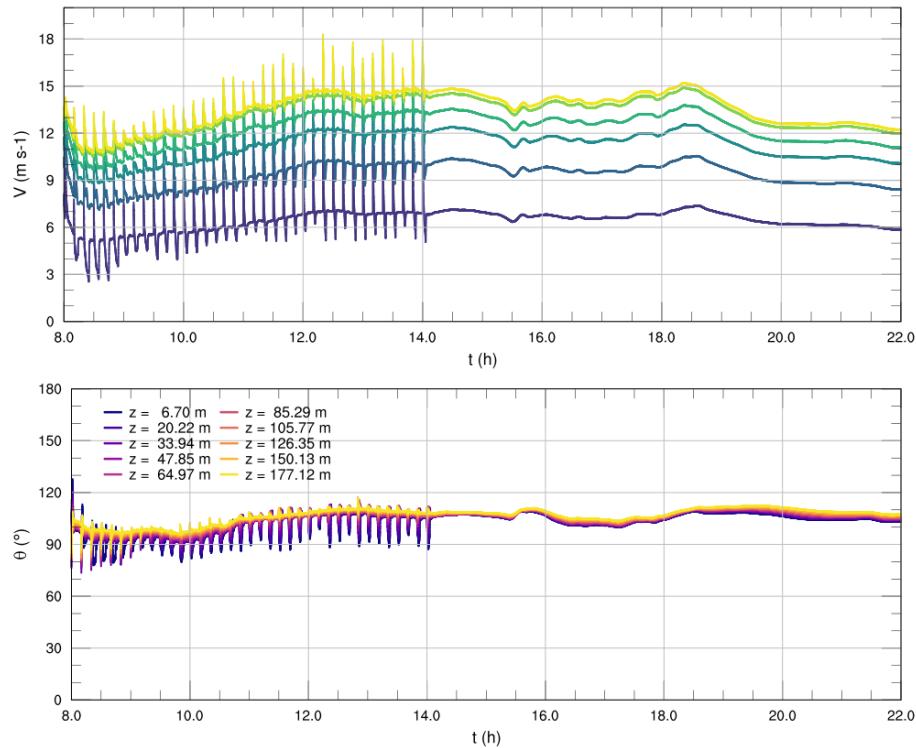


Figura 3.5: Serie de tiempo para rapidez y dirección simulados en el punto de control.
 $l_1 = l_2 = 1,5 \quad \sigma_1 = \sigma_2 = 1000,0 \quad \text{RMSE} = 3.03664, \text{MAE} = 1.61898.$

4. Caso 3: Bolund terreno complejo s/ DA

4.1. Aspectos generales de las simulaciones

Tabla 5: Dominio numérico espacial y temporal para simulación del caso Høvsøre.

Parámetro	Selección
Fecha	04-01-2008
Hora Inicio	06:00 UTM
Hora Término	20:00 UTM
Puntos Malla Vert.	50
P_{top}	10000 kPa
# Dominios	8
Lat. Centro	55.70360
Lon. Centro	12.09840

Tabla 6: Valores característicos de cada dominio.

Dominio	d01	d02	d03	d04	d05	d06	d07	d08
N_x	106	106	106	106	106	106	106	106
N_y	106	106	106	106	106	106	106	91
$\Delta x, \Delta y$ [m]	10000	3333.3	1111.1	222.22	74.074	24.691	8.23045	2.74348
Δt [s]	40	13.3333	4.4444	0.8889	0.2963	0.0988	0.0329	0.0110
Orografía	GMTED2010	GMTED2010	GMTED2010	ASTER	ASTER	ASTER	ASTER	Bolund
Uso de Suelo	USGS	USGS	USGS	CLC12	CLC12	CLC12	CLC12	Bolund

Tabla 7: Parametrizaciones físicas utilizadas en el modelo.

Dominio	d01	d02	d03	d04	d05	d06	d07
Micro-físicas	WSM5						
Cúmulos	Grell	—	—	—	—	—	—
Capa Superficial	MM5						
PBL	YSU	YSU	YSU	—	—	—	—
Modelo LES	—	—	—	1.5TKE	1.5TKE	1.5TKE	1.5TKE
Modelo de Suelo	Difus.						
Rad. Onda Larga	RRTM						
Rad. Onda Corta	Dudhia						



Figura 4.1: Distribución telescópica de los 8 mallas anidadas en el dominio numérico.

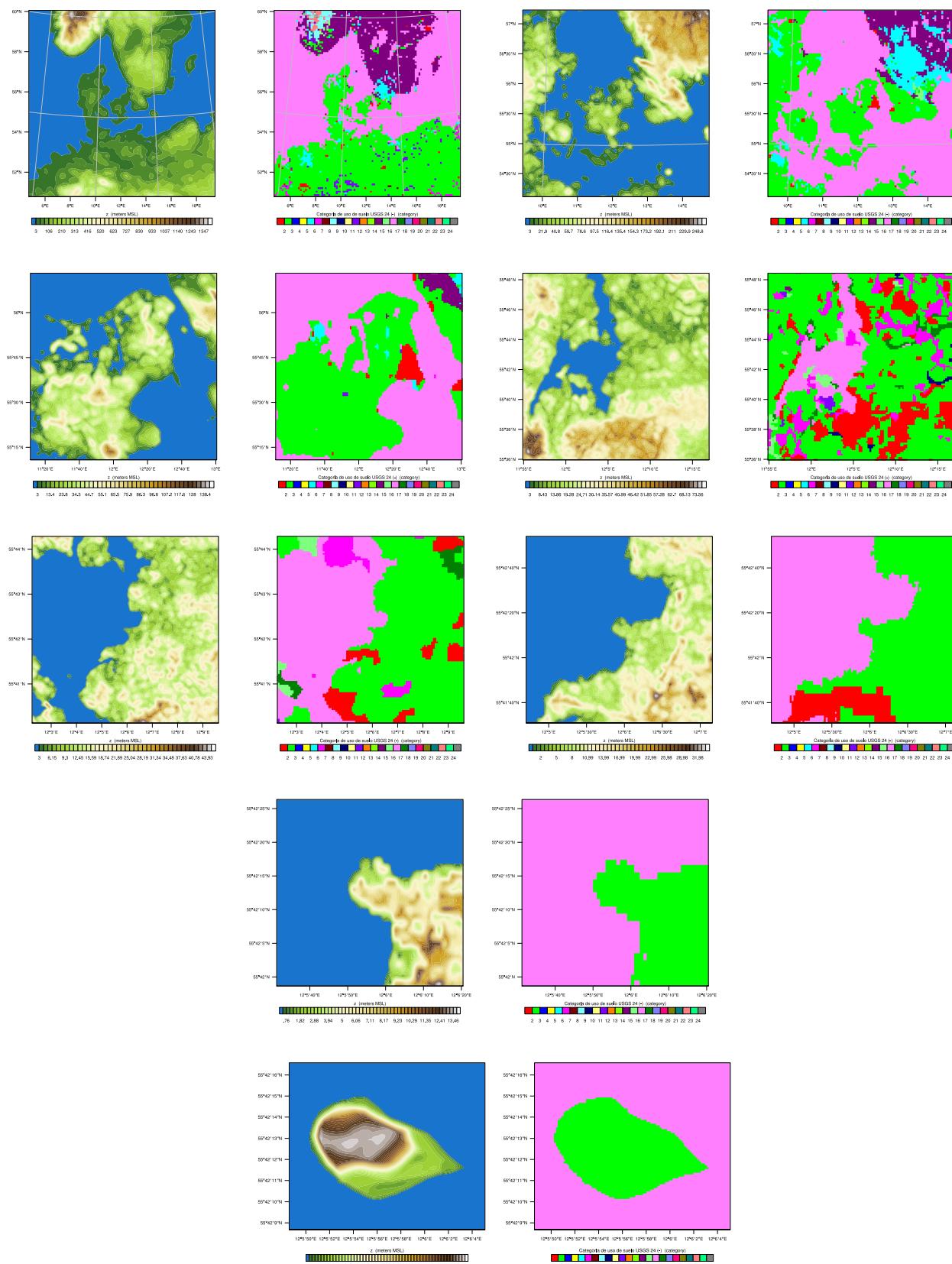


Figura 4.3: Orografía (MSNM) y uso de suelo (categoría USGS24) de alta definición para cada uno de las mallas anidadas (d01-d08).

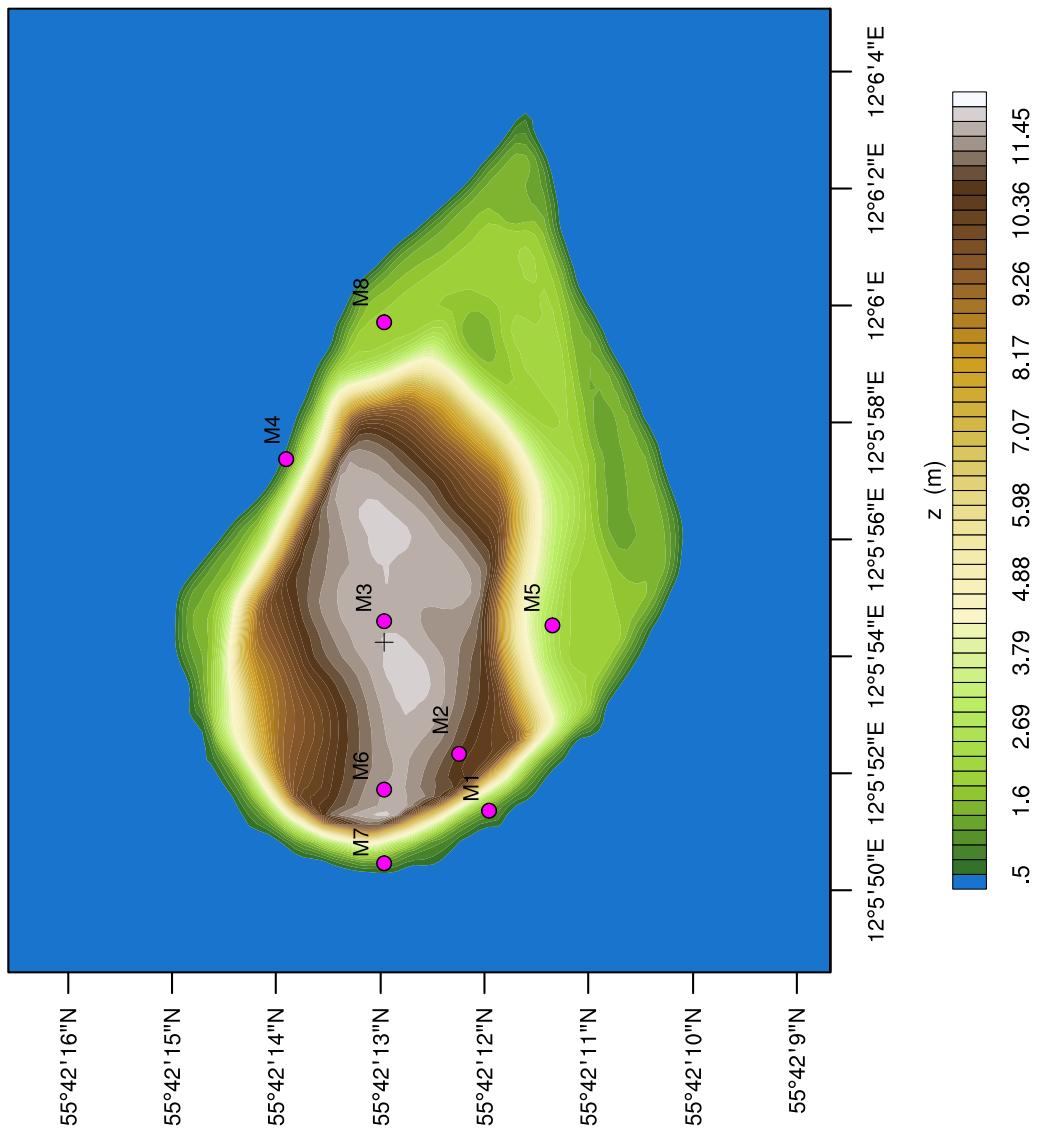


Figura 4.2: Ubicación espacial de los puntos de control en el dominio.

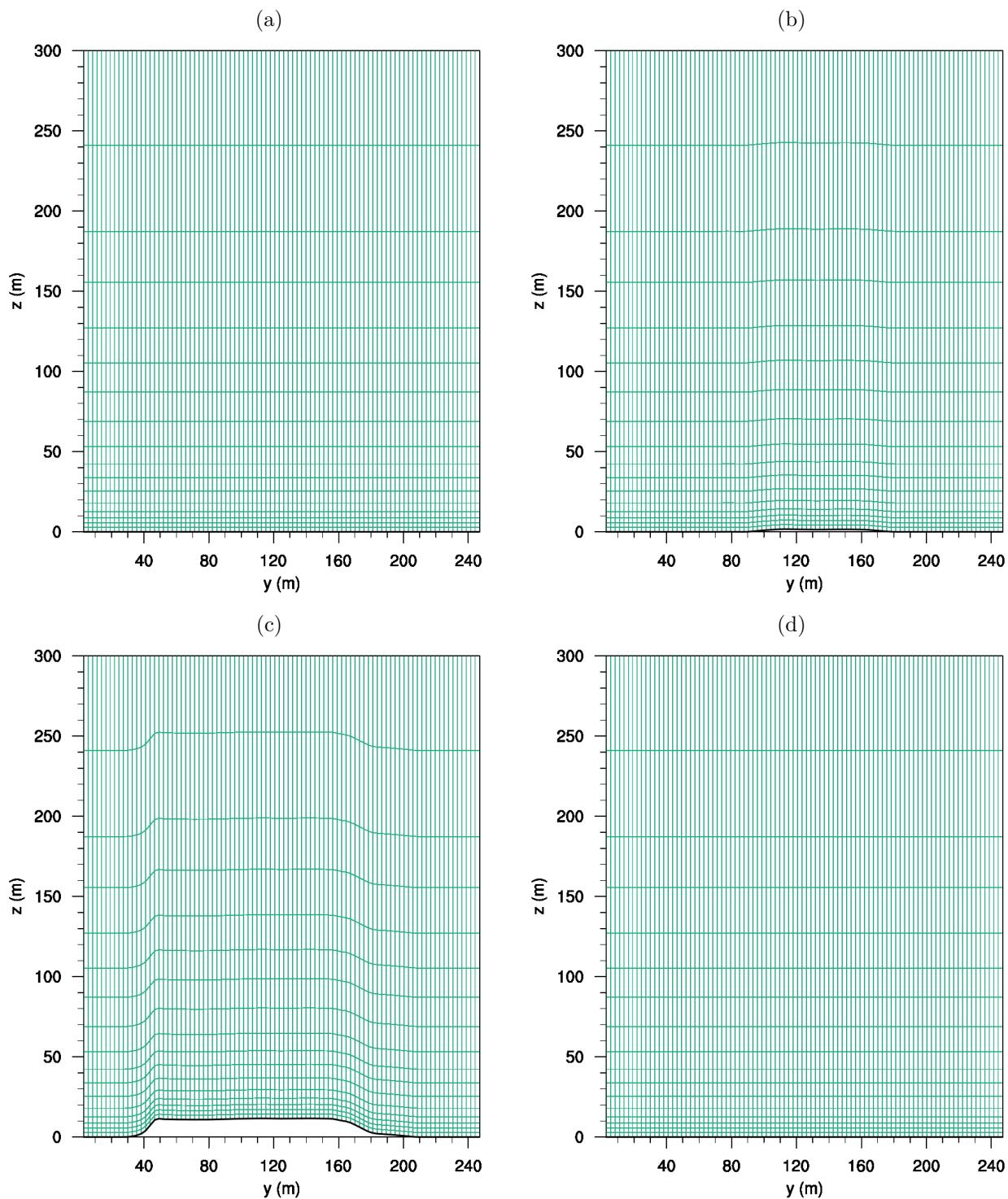


Figura 4.4: Distribución de la malla vertical.

4.2. Resultados

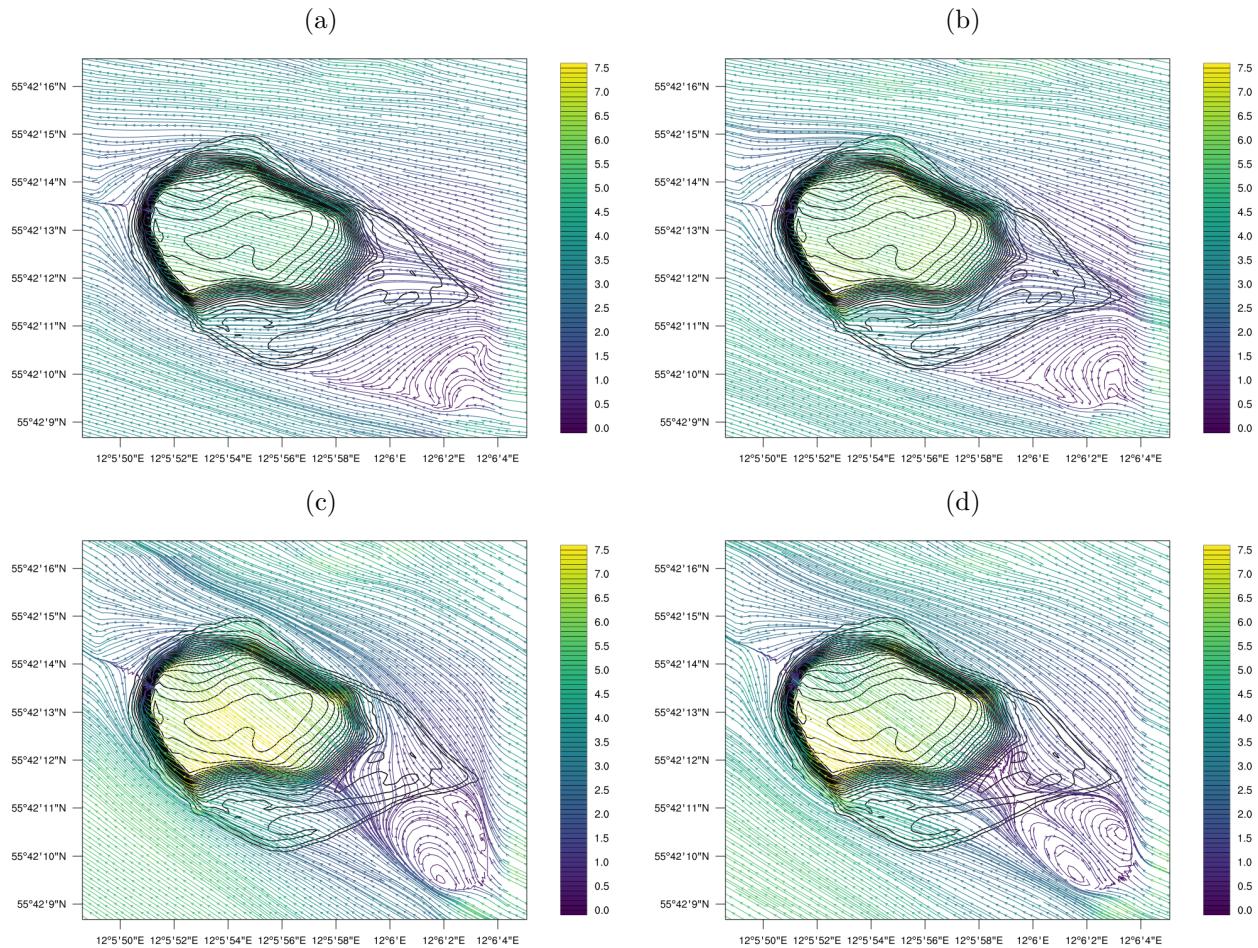


Figura 4.5: Comportamiento del viento según modelo en distintos pasos de tiempo.

4.2.1. Datos Simulados (Sin Interpolar, Sin Ajuste Horario)

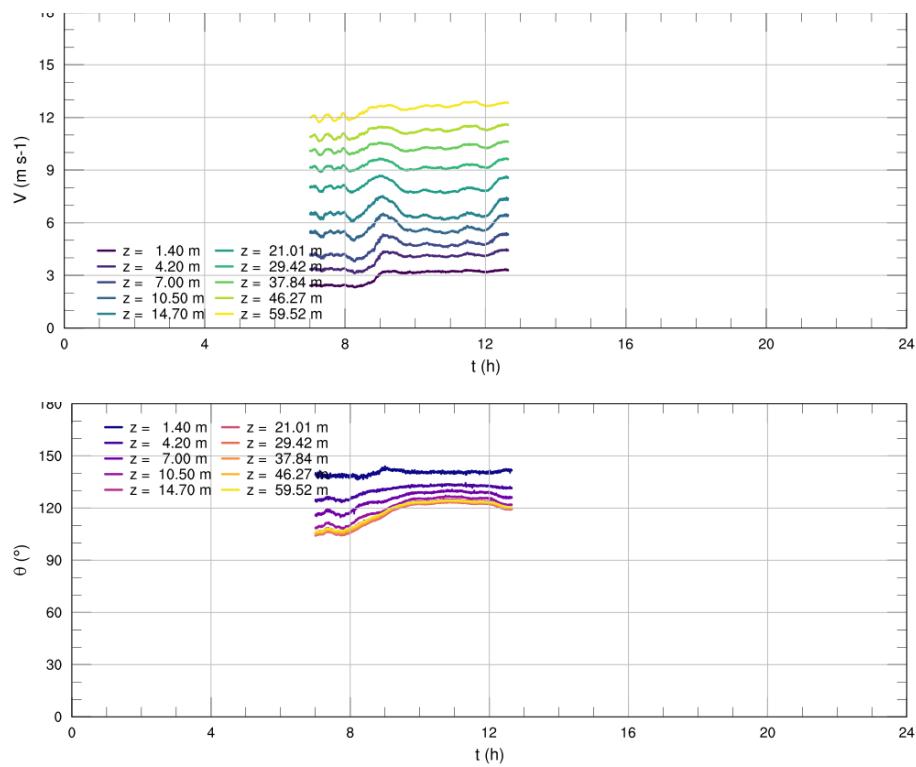


Figura 4.6: Serie de tiempo para rapidez y dirección en M1.

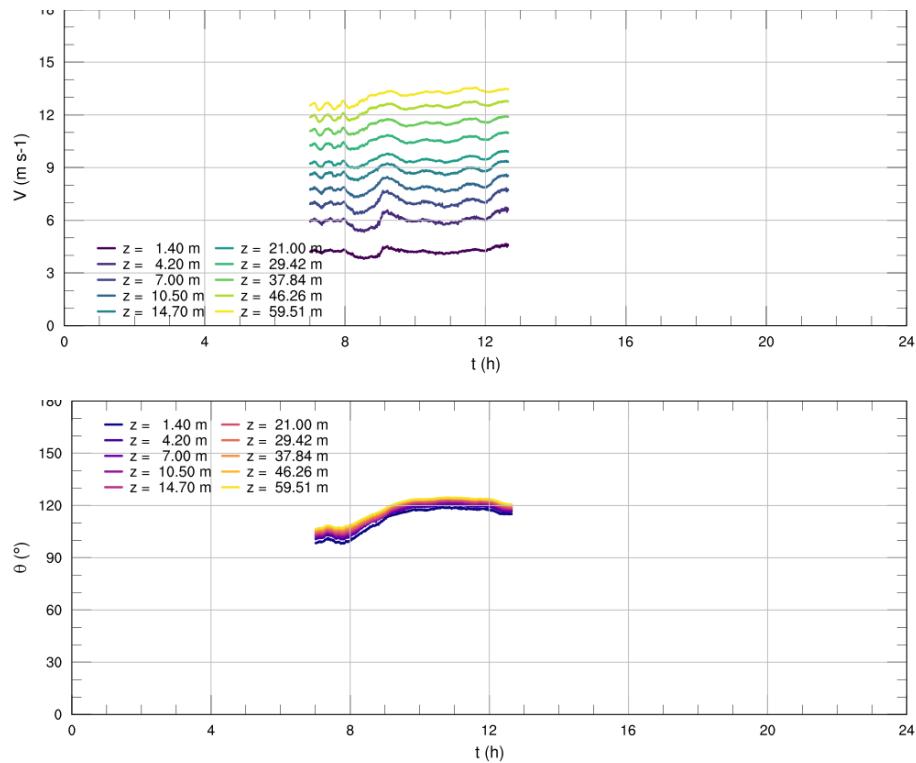
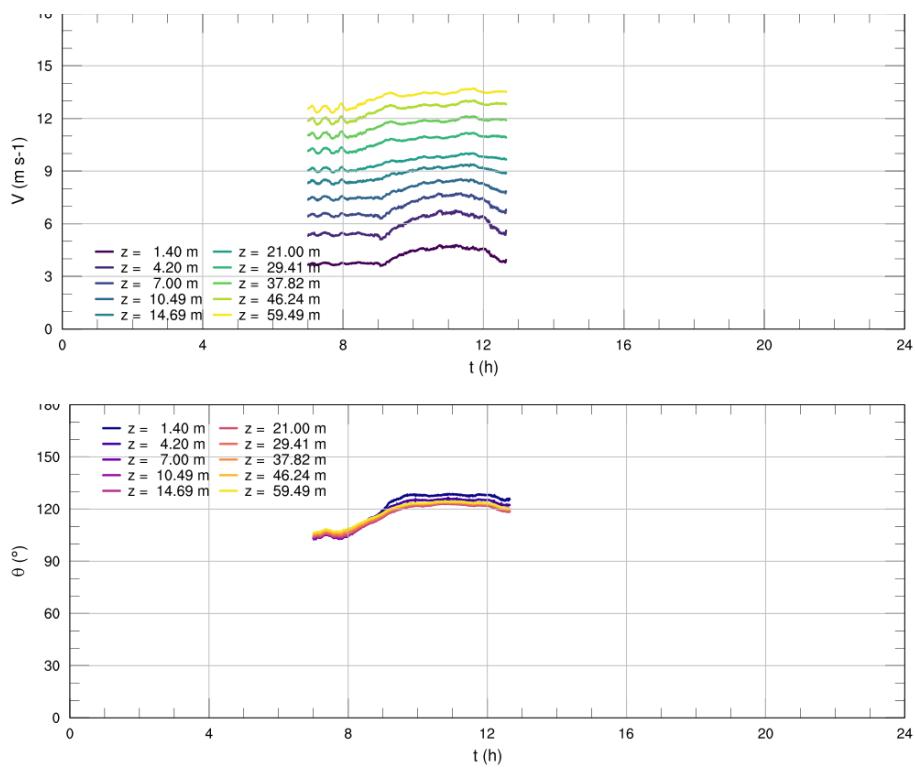
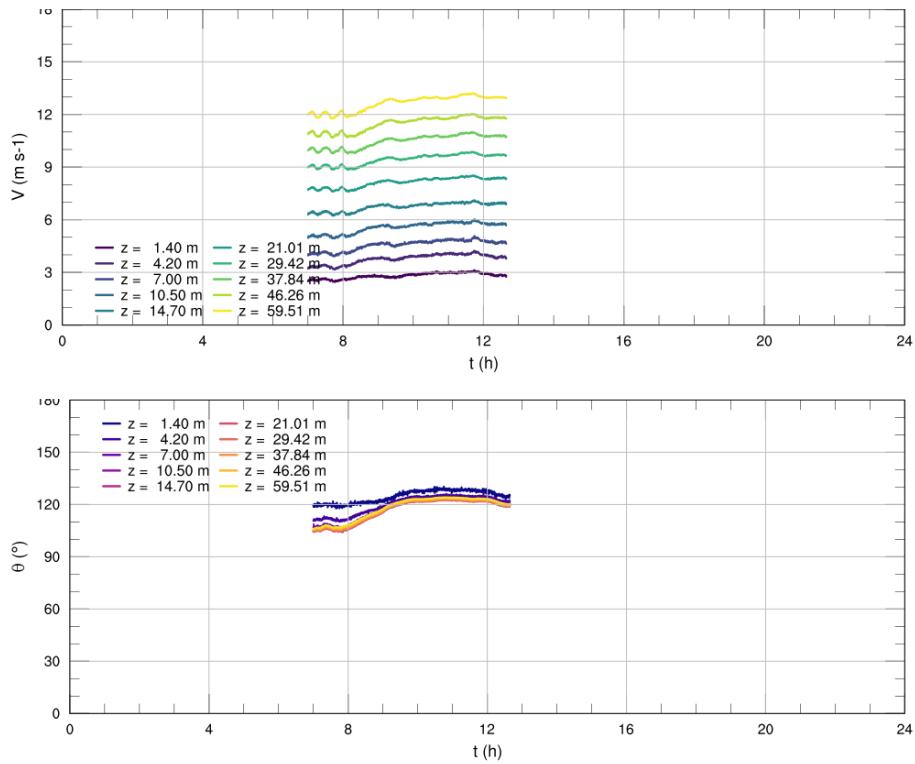


Figura 4.7: Serie de tiempo para rapidez y dirección en M2.

**Figura 4.8:** Serie de tiempo para rapidez y dirección en M3.**Figura 4.9:** Serie de tiempo para rapidez y dirección en M4.

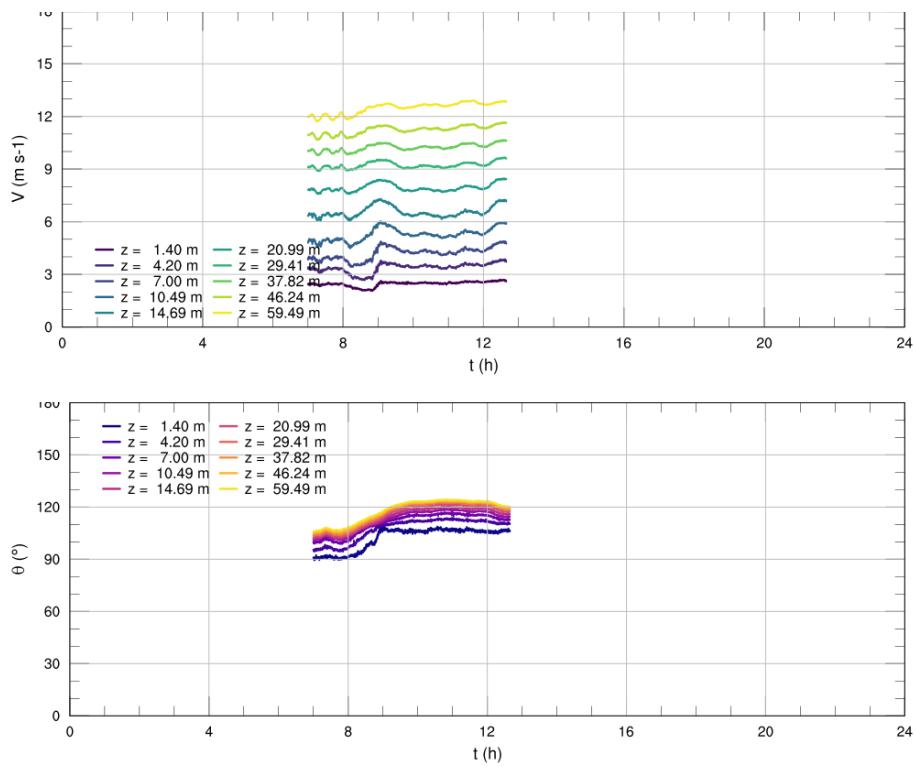


Figura 4.10: Serie de tiempo para rapidez y dirección en M5.

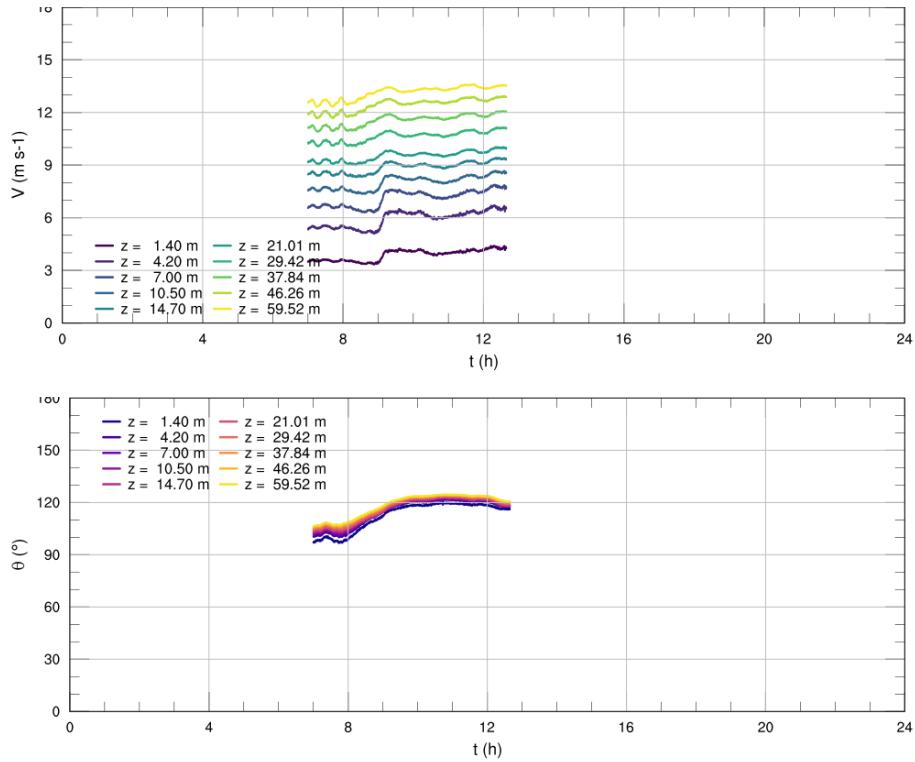


Figura 4.11: Serie de tiempo para rapidez y dirección en M6.

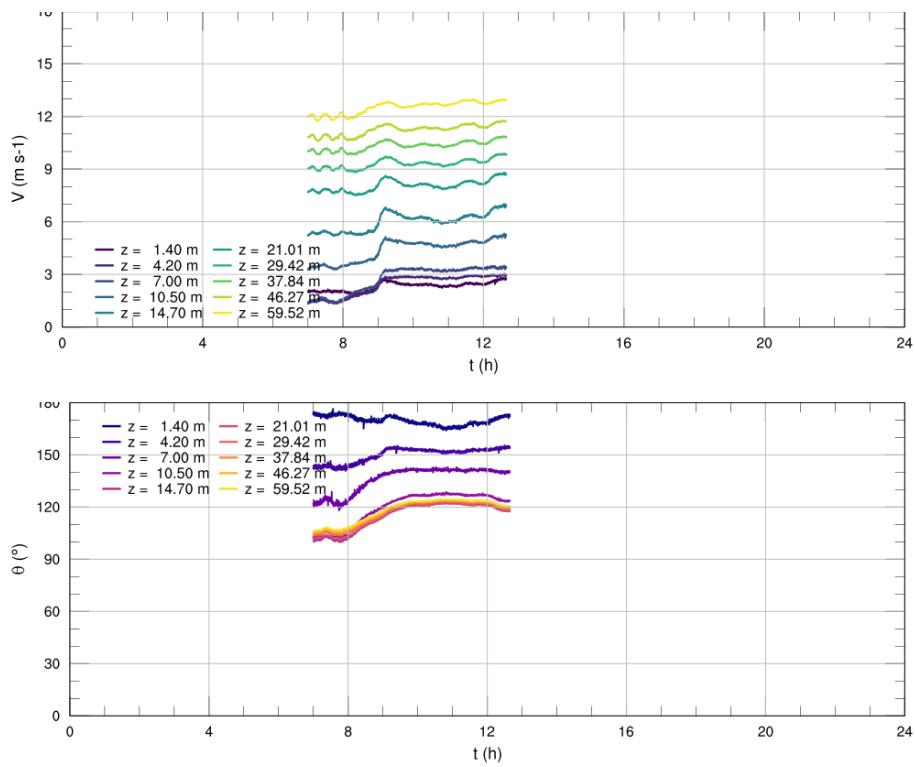


Figura 4.12: Serie de tiempo para rapidez y dirección en M7.

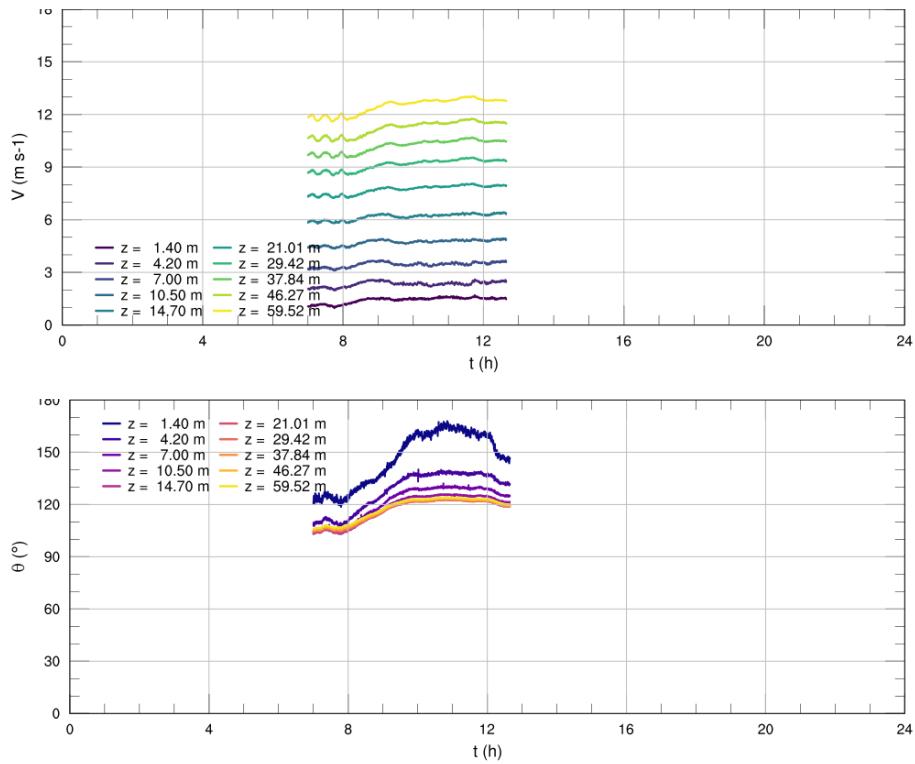


Figura 4.13: Serie de tiempo para rapidez y dirección en M8.

5. Caso * : Hovsore terreno plano s/ DA Malla Fina

5.1. Aspectos generales de las simulaciones

Tabla 8: Dominio numerico espacial y temporal para simulación del caso Høvsøre.

Parámetro	Selección
Fecha	2010-09-08
Hora Inicio	06:00:00
Hora Término	20:00:00
Puntos Malla Vert.	50
P_{top}	10000 kPa
# Dominios	7
Lat. Centro	56.440582
Lon. Centro	8.150896

Tabla 9: Valores característicos de cada dominio.

Dominio	d01	d02	d03	d04	d05	d06	d07
N_x	107	107	107	107	107	107	107
N_y	107	107	107	107	107	107	107
$\Delta x = \Delta y$ [m]	30000	10000	3333.3	1111.1	222.22	74.074	24.691
Δt [s]	90	30	10	3.333	0.666	0.222	0.074
Orografía	GMTED2010	GMTED2010	GMTED2010	ASTER	ASTER	ASTER	ASTER
Uso de Suelo	USGS	USGS	USGS	CLC12	CLC12	CLC12	CLC12

Tabla 10: Parametrizaciones físicas utilizadas en el modelo.

Dominio	d01	d02	d03	d04	d05	d06	d07
Micro-físicas	WSM5						
Cúmulos	Grell	Grell	–	–	–	–	–
Capa Superficial	MM5						
PBL	YSU	YSU	YSU	YSU	–	–	–
Modelo LES	–	–	–	–	1.5TKE	1.5TKE	1.5TKE
Modelo de Suelo	Difus.						
Rad. Onda Larga	RRTM						
Rad. Onda Corta	Dudhia						

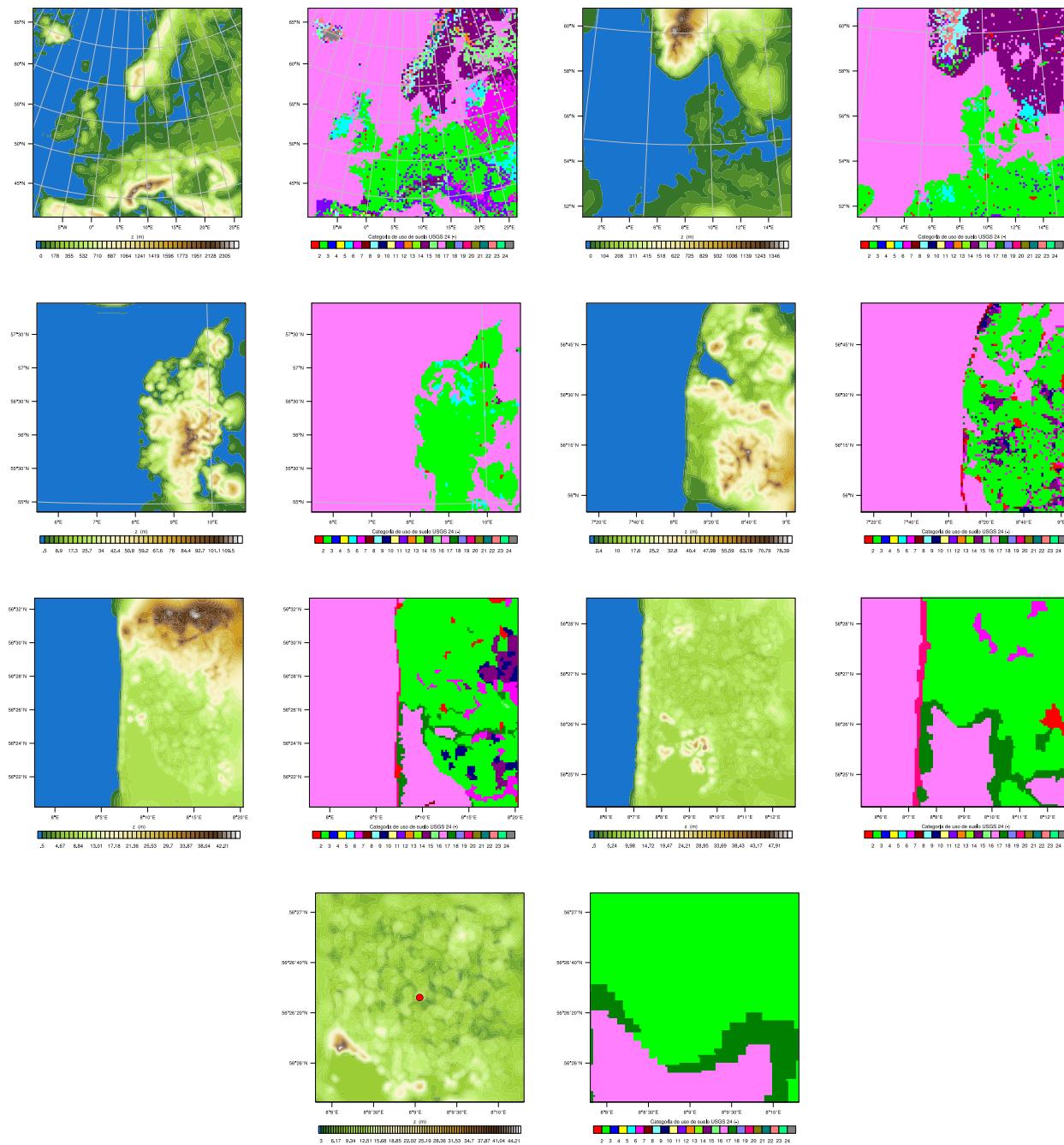


Figura 5.1: Orografía (MSNM) y uso de suelo (categoría USGS24) de alta definición para cada uno de las mallas anidadas (d01-d07). Para el dominio d07 se presenta la ubicación del punto de control (rojo).

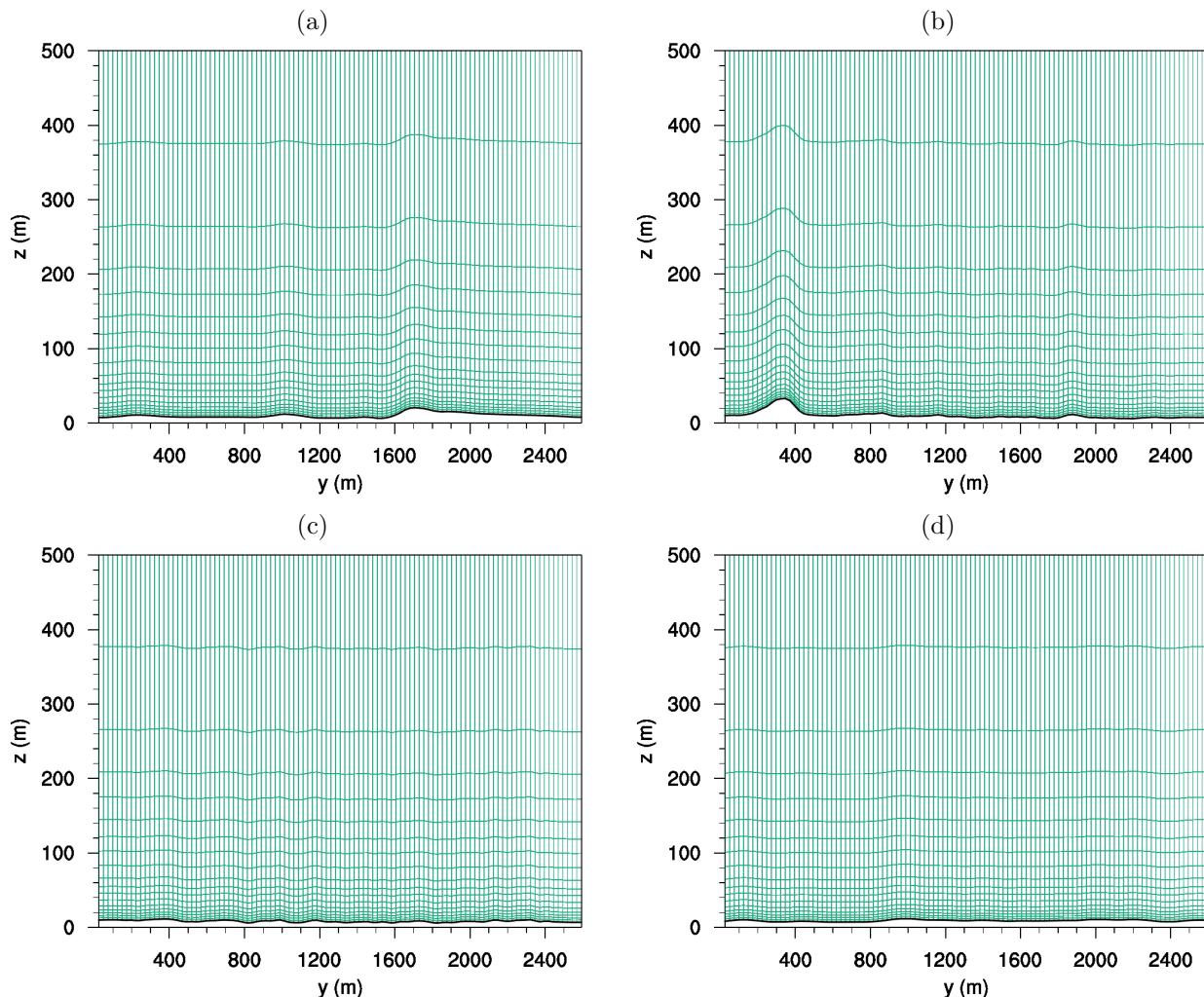


Figura 5.2: Distribución de la malla vertical a través de distintos cortes en el plano $x - z$. (a) $n_y = 1$ (b) $n_y = 33$ (c) $n_y = 66$ (d) $n_y = 101$.

5.2. Resultados

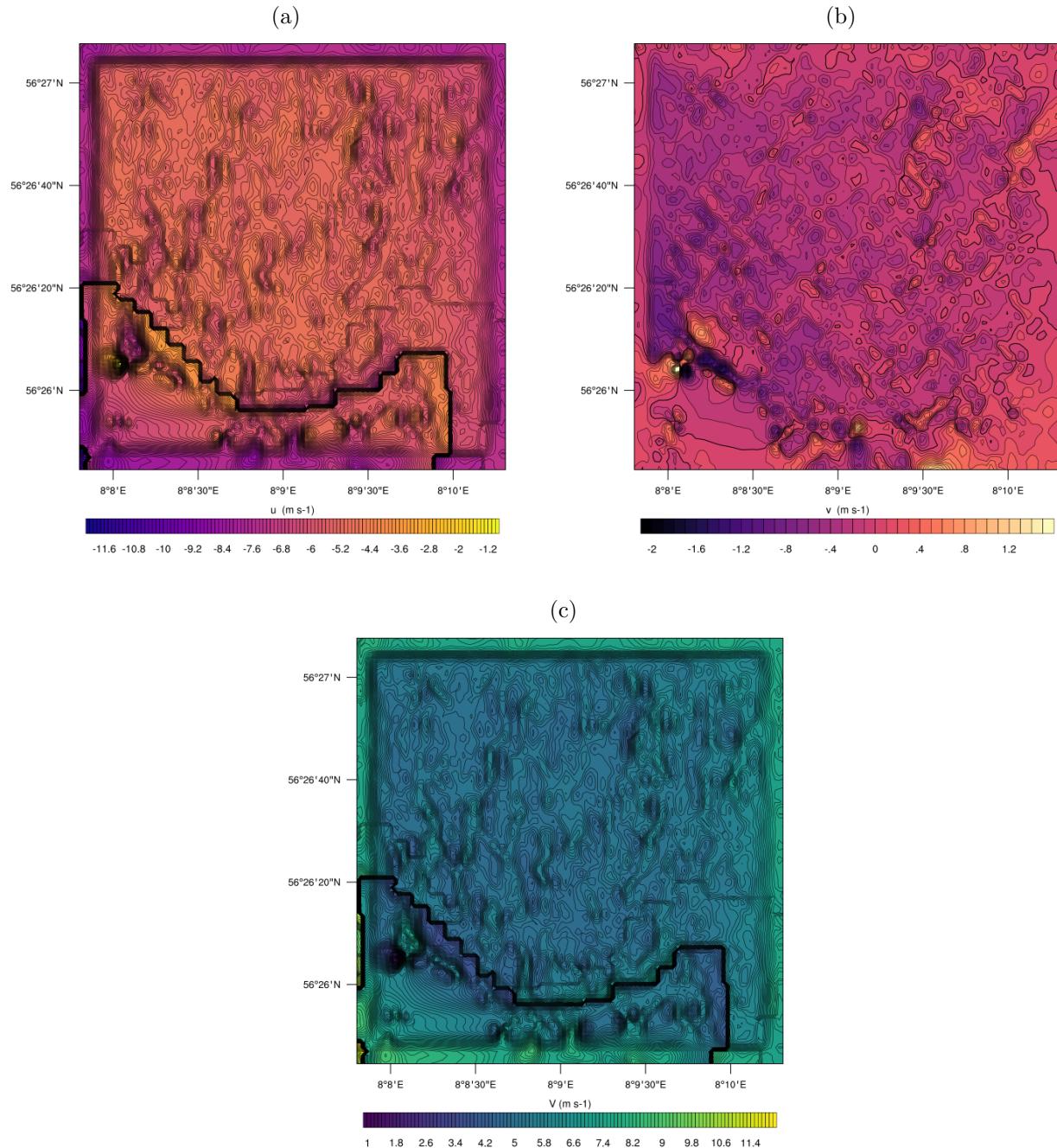


Figura 5.3: (a) Componente u de la velocidad a 10 metros sobre el suelo para el tiempo 2010-09-08 10:00:00. (b) Idéntico al anterior pero para la componente v . (c) Magnitud V del viento. Notar las estructuras del campo de velocidad.

5.2.1. Comparación con datos experimentales

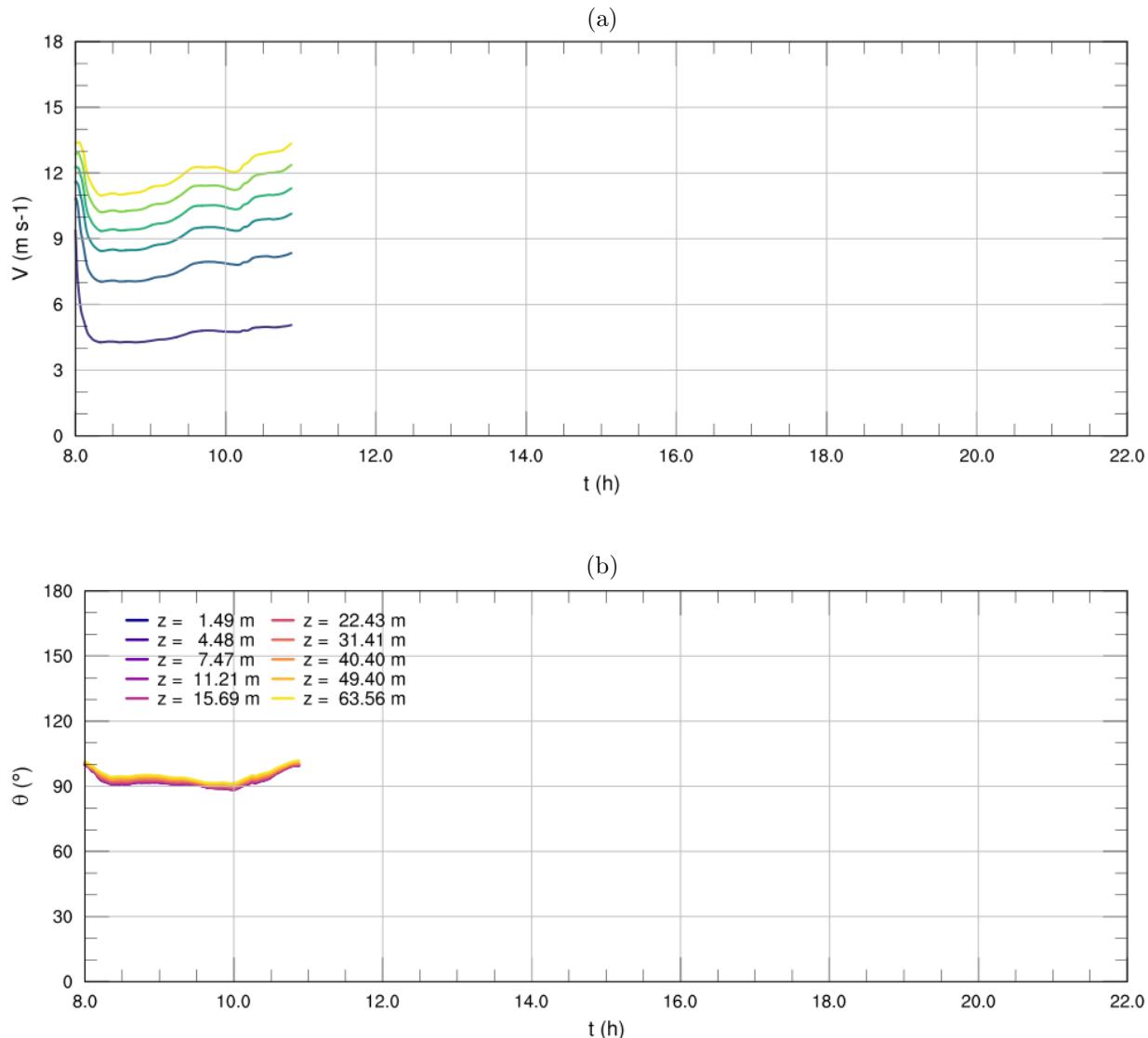


Figura 5.4: (a) Serie de tiempo para la rapidez instantánea del viento V a distintos niveles verticales interpolados según ley logarítmica y (b) Serie de tiempo para el ángulo del viento.