



## INFORME DE VALIDACIÓN DEL MODELO WRF

# I | INTRODUCCIÓN

Los modelos numéricos regionales tienen una mejor representación dinámica y termodinámica de las condiciones atmosféricas locales, ya que dichos modelos resuelven matemáticamente las condiciones atmosféricas considerando la topografía y el tipo de suelo de la región o zona de estudio. Esta representación puede tener complicaciones en la determinación de ciertas variables atmosféricas, ya que por la influencia de las corrientes y el área montañosa que se encuentra a lo largo de la costa sudamericana, el modelo no permite representar correctamente los procesos físicos a nivel costero. Para lo cual, se ha considerado la recopilación de la información de las observaciones meteorológicas durante la navegación del Buque Escuela Guayas (BESGUA) en la Regata “Velas 2018” para comprobar y determinar la asertividad del modelo WRF (Weather Research and Forecasting).

Este informe reconoce formalmente la validación de los resultados de la salida del modelo atmosférico frente a mediciones de datos meteorológicos observados durante la navegación del Buque Escuela Guayas. Esto puede definirse como la demostración de su exactitud o aproximación de los resultados en la generación de productos, es decir, es la minimización del error sistemático y aleatorio, que en meteorología se conocen habitualmente como la aproximación de la fidelidad y precisión respectivamente.

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) es el responsable de la elaboración y contenido de este documento, en el cual, se hace mención a la validación del modelo WRF, sin embargo cabe mencionar, que no es posible validarlo plenamente, pero es posible validarlo por componentes o parámetros en forma individual a través de la validación funcional.

## II | OBJETIVOS

**Objetivo General:** Determinar el grado de certidumbre existentes en los resultados de la salida del modelo atmosférico generados por WRF.

**Objetivos Específicos:**

- Recopilar los datos meteorológicos observados en las diferentes estaciones durante la navegación del BESGUA, en el track de la Regata “Velas 2018” y emplearlos en la validación del modelo WRF.
- Determinar los parámetros a ser validados en las salidas del modelo WRF y los parámetros de los datos meteorológicos observados basado en el track de navegación del BESGUA.
- Revisar la serie de datos meteorológicos observados y los resultados de salida del modelo WRF.
- Generar el Meta-análisis de las técnicas de validación.
- Determinar la metodología a emplear en la validación para el modelo WRF.

## III | BENEFICIO ESPERADO DEL PROYECTO

- Certidumbre del Pronóstico Atmosférico
- Recopilación de Información para modelos océano-atmosféricos

## IV | DESCRIPCIÓN DE ALTO NIVEL

### VALIDACIÓN DEL MODELO WRF

La validación de los datos de salidas del WRF, se hace con las observaciones meteorológicas basado en el track de navegación del BESGUA por las costas de Latinoamérica y el Caribe.



Figura 1. Mapa del track de navegación de la Regata "Velas 2018".



Figura 2. Track de navegación del monitoreo del plan meteorológico del BESGUA.

El desarrollo de la metodología apropiada para la validación de los resultados de la salida del modelo numérico WRF y el cálculo del porcentaje de certidumbre alcanzado en el modelo, fue basado en la planificación del track de navegación de la Regata "Velas 2018", correspondiente únicamente a Chile, Perú y Ecuador.

Cabe señalar que, por problemas técnicos en el BESGUA, el track de navegación de la Regata "Velas 2018", no se cumplió de acuerdo a lo planificado, disminuyendo así las estaciones de monitoreo obteniéndose únicamente mediciones entre las coordenadas (-2.15, -81.15) correspondiente al punto inicial más cercano a la costa ecuatoriana (La Choclatera), y (-22.98, -75.57) correspondiente al punto final más cercano a la costa chilena (Antofagasta).



Figura 3. Track de navegación realizado por el BESGUA.



La validación funcional es la verificación del modelo frente a observaciones obtenidas de manera independiente, usando la metodología apropiada con respecto a los parámetros del modelo. La evaluación ideal consiste en obtener los datos mediante mediciones in situ (del mundo real) y realizar una comparación estadística de los resultados obtenidos de la salida del modelo y las observaciones. Para esto, se requiere una información detallada de los parámetros que se dispone habitualmente y se elabora la información en función a gráficos y tablas que aporten a la verificación de los resultados estimados de las salidas del modelo con los datos observados in situ en cada track de navegación.

## OBTENCIÓN DE LOS DATOS IN SITU A SER EMPLEADOS EN LA VALIDACIÓN

1. **Estaciones Meteorológicas del Buque Escuela Guayas (Obs)** Se emplearon los parámetros meteorológicos provenientes de las mediciones de las observaciones generadas en cada punto del track de navegación del BESGUA.

Tabla 1. Localización de las Observaciones meteorológicas del Buque

N° Track de Estaciones	Fecha	Hora de OBS	Latitud (grados)	Longitud (grados)	TSA OBS (°C)	Dir. Viento OBS (grados)	Vel. Viento OBS (kts)
1	01/05/2018	12	-2,15	-81,15	24	19	6
2	01/05/2018	18	-2,89	-81,89	23	215	10,5
3	02/05/2018	0	-3,60	-81,60	20,4	17	12,2
4	02/05/2018	6	-4,28	-81,28	23,4	180	8,8
5	02/05/2018	12	-4,94	-81,94	20	12	12,5
6	02/05/2018	18	-5,62	-81,62	19	12	14
7	03/05/2018	0	-6,33	-81,33	19	350	11,2
8	03/05/2018	6	-7,04	-81,04	18,5	22	15
9	03/05/2018	12	-7,47	-81,47	20,6	140	13
10	03/05/2018	18	-7,51	-81,51	21	146	17
11	04/05/2018	0	-7,90	-81,14	19,1	146	18
12	04/05/2018	6	-8,30	-80,78	19	120	16
13	04/05/2018	12	-8,76	-80,93	19	109	11
14	04/05/2018	18	-8,94	-81,19	21,5	150	13,8
15	05/05/2018	0	-9,35	-80,74	20,7	155	10,5
16	05/05/2018	6	-9,84	-80,13	19	30	10
17	05/05/2018	12	-10,44	-79,81	18,8	125	10
18	05/05/2018	18	-11,08	-79,57	19	30	10
19	06/05/2018	0	-11,76	-79,43	18	150	6,3
20	06/05/2018	6	-12,56	-79,22	18,7	100	17
21	06/05/2018	12	-13,16	-79,00	20,1	120	14,8
22	06/05/2018	18	-13,80	-78,53	20	130	12,5
23	07/05/2018	0	-14,49	-78,80	20	120	15

N° Track de Estaciones	Fecha	Hora de OBS	Latitud (grados)	Longitud (grados)	TSA OBS (°C)	Dir. Viento OBS (grados)	Vel. Viento OBS (kts)
24	07/05/2018	6	-15,19	-78,39	20,1	120	20
25	07/05/2018	12	-15,62	-79,00	19	135	21
26	07/05/2018	18	-15,84	-78,92	19	130	18
27	08/05/2018	0	-16,14	-78,38	20	140	16
28	08/05/2018	6	-16,86	-78,17	19	135	9,5
29	08/05/2018	12	-17,08	-77,99	19	135	12
30	08/05/2018	18	-17,21	-78,13	19	150	11
31	09/05/2018	0	-17,93	-78,00	18,7	135	16
32	09/05/2018	6	-18,65	-77,69	18	140	8
33	09/05/2018	12	-19,34	-77,47	18	150	5
34	09/05/2018	18	-20,01	-77,04	17	145	6
35	10/05/2018	0	-20,68	-76,66	18	135	8
36	10/05/2018	6	-21,38	-76,25	17,7	140	7
37	10/05/2018	12	-21,71	-76,13	18	150	7,9
38	10/05/2018	18	-21,80	-76,20	17	145	11
39	11/05/2018	0	-22,28	-76,01	18	148	15
40	11/05/2018	6	-22,89	-75,64	17,3	150	18,7
41	11/05/2018	12	-23,03	-75,51	18	165	7,4
42	11/05/2018	18	-22,98	-75,57	17	175	15

Para la validación del Modelo WRF versión 4.0.3, se emplearon los siguientes parámetros meteorológicos:

**Tabla 2. Parámetros a ser empleados para la validación del WRF**

Estación	Parámetros	Periodicidad	Fecha
Coordenadas geográficas en grados emitidas por el Buque	- TSA - VV (10 m) - DV (10 m)	Cada 6 horas	01/05/2018 – 11/05/2018





Figura 4. Track de monitoreo cada seis horas del BESGUA.

## V | METODOLOGÍA

De los datos tomados convencionalmente por el personal del buque, se utilizaron las medias aritméticas (promedios), desviaciones típicas, intervalos de confianza, dispersión relativa y coeficiente de correlación por cada serie de datos. Para lo cual, se utilizó QGIS, SPSS y EXCEL como paquetes de apoyo, a fin de emplear técnicas estadísticas y numéricas para el manejo de las series de datos y observación del comportamiento de los mismos.

Se utilizó también programación por códigos, con el propósito de evaluar adecuadamente las observaciones con los resultados de las salidas del modelo y así poder analizar la confiabilidad y el grado de variabilidad de la información.

## VII | ANÁLISIS

Se consideró solo las series de las variables en común, obtenidas tanto por el buque como por el modelo WRF. Estas series de datos analizadas se realizaron desde el día 01/05/2018 al 11/05/2018 con los monitoreos diarios tomados por el personal del buque a las 06h00, 12h00, 18h00 y 00h00 como se muestra en la Figura 4.

Al hacer un análisis estadístico descriptivo con las series de datos observados en el monitoreo del buque con las salidas del modelo WRF, y sus variables en común de las mediciones, se evidenció que con el 95% de confianza no existe una diferencia significativa entre el valor medio del monitoreo del buque con las salidas del modelo WRF de la variable Temperatura Superficial del Aire (TSA). De igual manera, se correlacionó la serie de datos de las variables: TSA, dirección del viento y velocidad del viento, para lo cual, la TSA indica un 0.745 de correlación entre las observaciones del monitoreo del buque y las salidas del modelo WRF, mientras que el resto de las variables muestran una correlación menor a 0.5. Esto se encuentra explicado en los gráficos comparativos de medias (Ver Gráfico 1) donde el mejor comportamiento corresponde a la serie de datos de la variable TSA, siendo ésta la de menor desviación típica.

La Dispersión relativa de las mediciones indica que el promedio de las observaciones tanto del buque como del modelo WRF en TSA es altamente representativo. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Estadística Descriptiva

Variables	Mediciones	Promedio	Límite Inf	Límite Sup	Desv.Est.	Rango	Coef. Variación
TSA	OBS	19,3	18,79	19,76	1,60	0,97	8%
	WRF	19,7	19,45	20,05	0,99	0,60	5%
Dirección del Viento	OBS	126,7	108,27	145,11	60,91	36,84	48%
	WRF	192,7	165,38	220,11	90,48	54,73	47%
Velocidad del Viento	OBS	12,3	11,08	13,57	4,11	2,49	33%
	WRF	10,6	8,40	12,86	7,37	4,46	69%

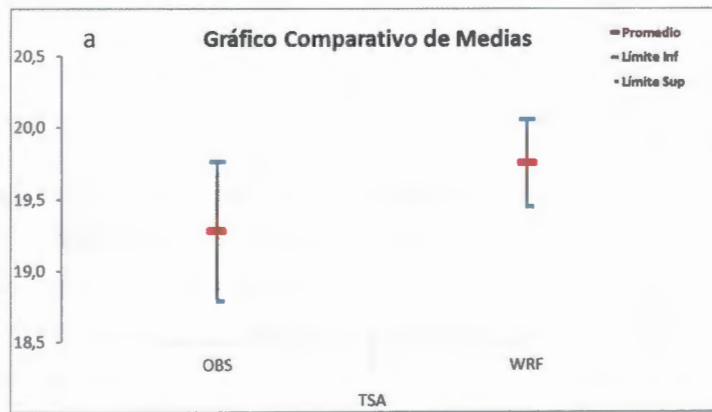


Gráfico 1. Comparativos de las medias de las variables de TSA (a), dirección (b) y velocidad (c) del viento.

Las métricas de los errores evaluados son la Sumatoria Cuadrática del Error (SCE), Error Medio Absoluto(EMA) y el Error Cuadrático Medio(ECM), donde la variable TSA es la que presenta menor error con los resultados del modelo WRF, con respecto a las otras variables, tal como se muestra a continuación (Tabla 4 y Gráfico 2):



Tabla 4. Métricas de los Errores

Métricas	TSA	Dir. Viento	Vel. Viento
SCE	57,94	678849,41	3679,94
EMA	0,92	105,22	7,18
ECM	1,38	16163,08	87,62

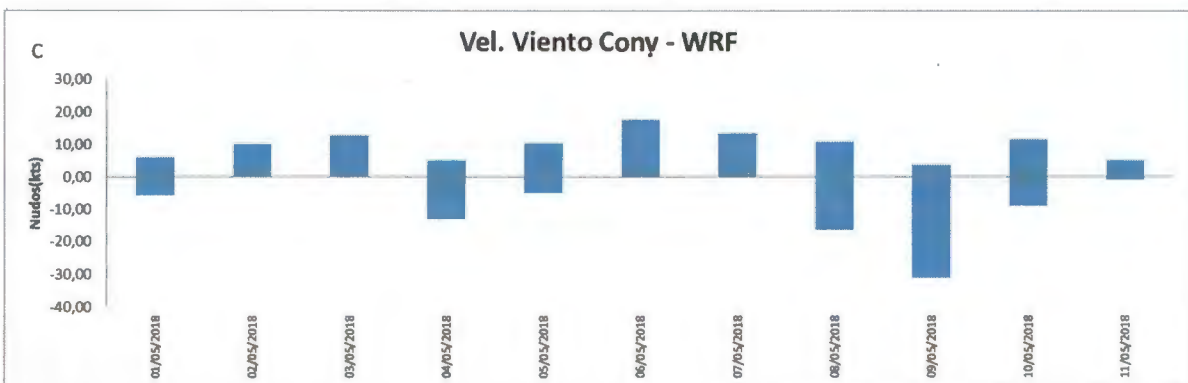
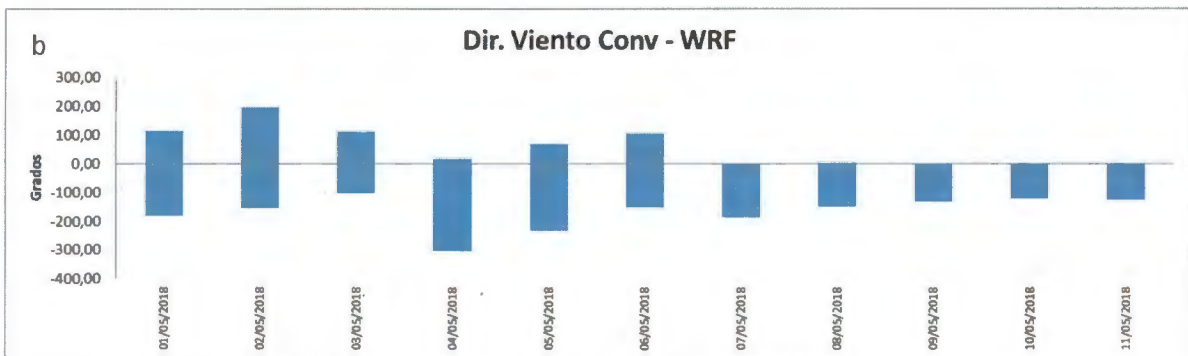
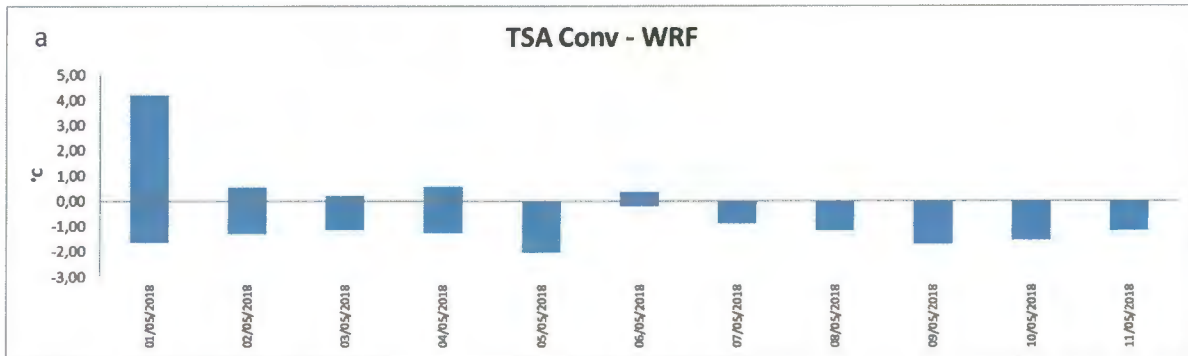


Gráfico 2. Mediana de las variables de temperatura del aire (a), dirección (b) y velocidad (c) del viento.

Al analizar la mediana de las variables de las series de mediciones, se puede verificar que en la variable TSA, las salidas del modelo WRF coinciden con las observaciones levantadas por el buque en el rango de días navegados, ya que la mediana fluctúa alrededor de los 19°C tal como se muestra en la Tabla 5 y Gráfico 3:

Tabla 5. Mediana de las Variables por Medición

Variables	Mediciones	Mediana
TSA	OBS	19
	WRF	19,8
Dirección del Viento	OBS	137,5
	WRF	177,88
Velocidad del Viento	OBS	12,1
	WRF	8,43

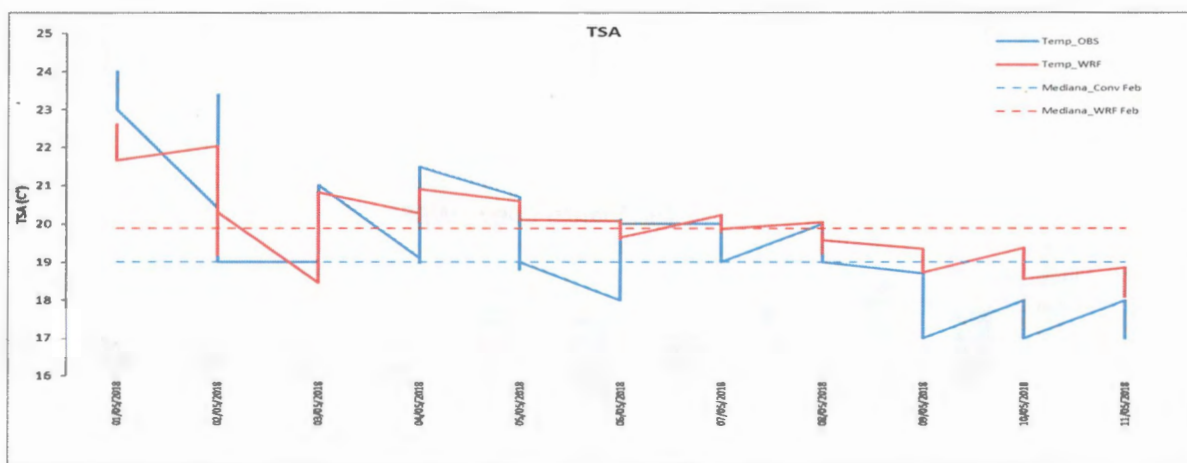


Gráfico 3. Serie de tiempo de la variable de TSA.

## VII | CONCLUSIONES

- Se recopiló la información meteorológica observada durante la navegación del Buque Escuela Guayas (BESGUA), en el track de la Regata “Velas 2018” en diferentes estaciones para la validación del modelo WRF.
- Se determinó que los parámetros meteorológicos en común de la salida del modelo WRF y observados por el BESGUA fueron: Temperatura Superficial del Aire, dirección y velocidad del viento.
- Se determinó que los valores horarios del modelo presentan una variación atípica en la zona del mar ecuatorial (los dos primeros puntos del track), mientras que frente a la costa peruana presenta una variación ligera acorde a lo observado y

finalmente, frente la costa norte de Chile presenta una similar tendencia, pero con una variación más drástica.

- Se evaluó el modelo WRF mediante los valores observados durante la navegación del BESGUA, donde se determinó mediante un análisis estadístico, que dicho modelo es altamente representativo en la variable de Temperatura Superficial del Aire.
- La parametrización física del modelo tiende a dar buenos resultados en la variable de Temperatura Superficial del Aire, mientras que en las otras variables presenta una sobreestimación.



**CBOS-HI ARTURO SOTO MENDEZ**  
TÉCNICO RESPONSABLE  
METEOROLOGÍA MARINO COSTERA



**SP - ING. MARÍA BELÉN DEL SALTO**  
TÉCNICO RESPONSABLE  
OCEANOGRAFÍA OPERACIONAL



**TNNV-SU LEONARDO ALVARADO GARCÍA**  
DIRECTOR DE OCENOGRAFÍA NAVAL  
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA