

DESTINATION EARTH (DESTINE)

El proyecto DEODE (Gemelos Digitales bajo demanda orientados a extremos): estado actual y contribución de AEMET

Samuel Viana, D. Martín, J.J. Gonzalez-Aleman, L. Esbrí Corbella,
M. Martínez Sánchez, A. Jiménez-Garrote y J. Calvo-Sanchez
Área de Modelización
AEMET



Funded by
the European Union

Destination Earth

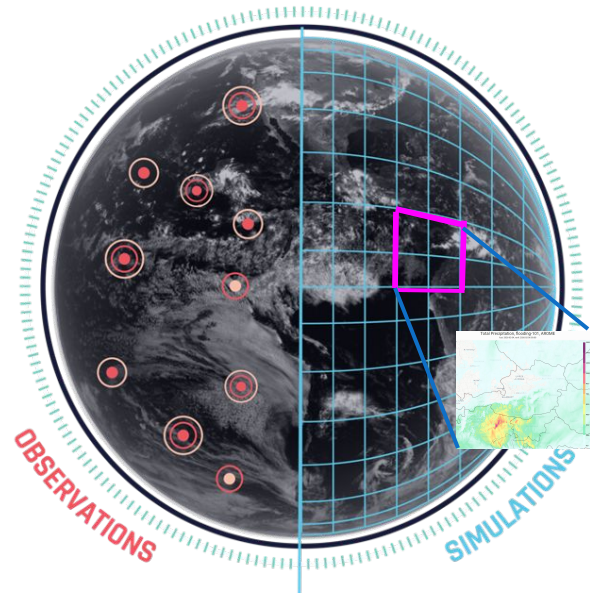
implemented by





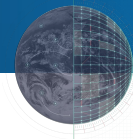
DESTINE: RÉPLICAS DIGITALES DE NUESTRO PLANETA PARA RESPONDER Y ADAPTARSE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS FENÓMENOS EXTREMOS

- Establecer capacidades de simulación de eventos extremos del pasado, presente y futuro con un detalle sin precedentes, y explorar escenarios “*what-if?*” (“¿Qué pasaría si...?”)
- Proporcionar información sobre el sistema terrestre en las escalas en las que se manifiestan el impacto de los fenómenos extremos y el cambio climático ⇒ **Componente Global** DT-Weather y DT-Climate.

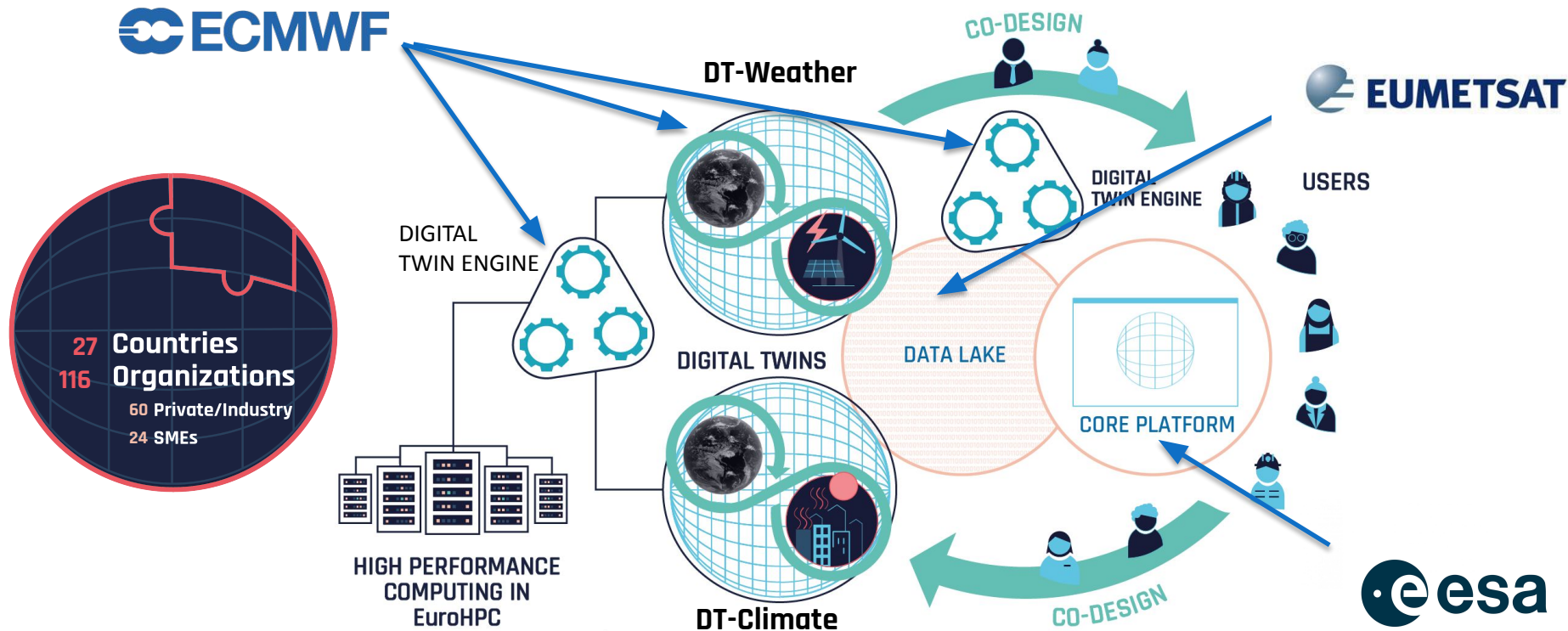


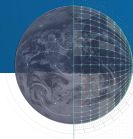
DEODE: Destination Earth On-Demand Extremes

- Subproyecto del ECMWF encomendado a un conjunto de 28 instituciones europeas (SMNs del consorcio ACCORD y otros centros de investigación) coordinadas por MeteoFrance (contratista principal)
- **Componente regional** sobre Europa a escala sub-kilométrica
- Ejecución bajo demanda, en situaciones de extremos meteorológicos o de sus impactos
- Objetivo: Ofrecer información útil y a tiempo a las autoridades nacionales para mejorar la preparación ante emergencias
- Integración máxima con aplicaciones de múltiples sectores de impacto: modelos hidrológicos, de calidad del aire, operadores de energía, etc

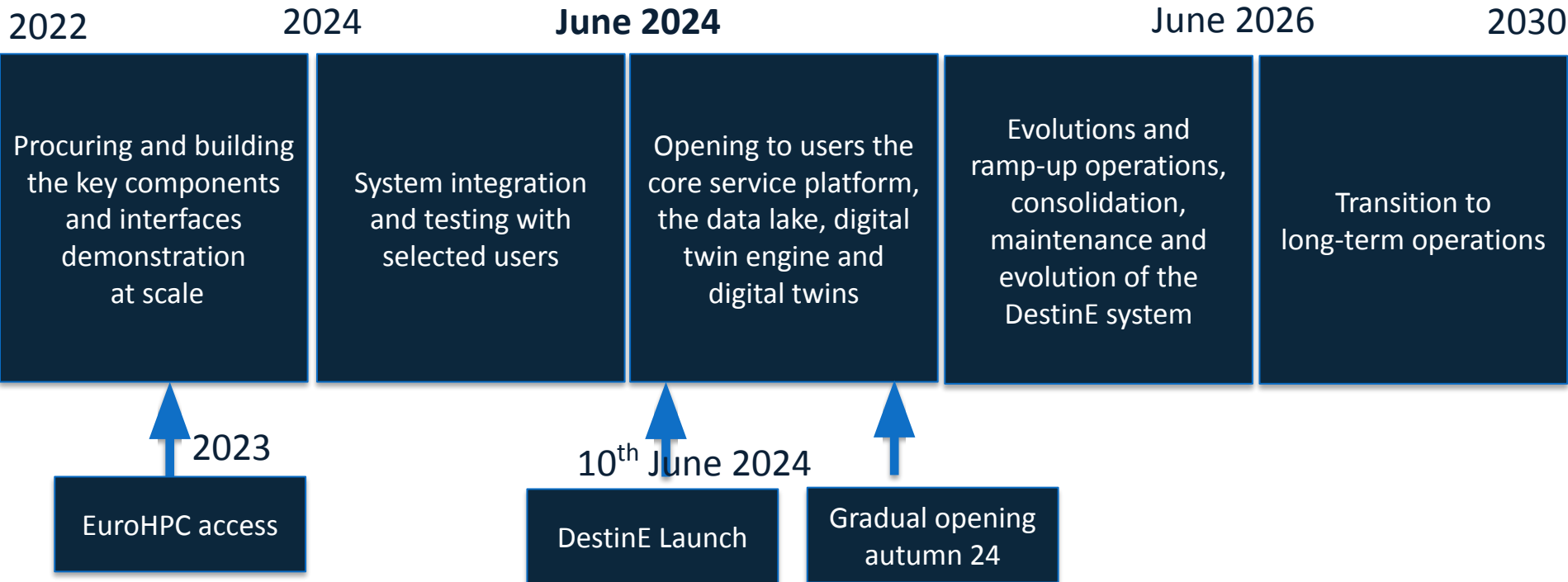


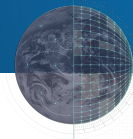
DESTINE: Un sistema tecnológico innovador





DESTINE: UN PILAR DE LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y DIGITAL





DEODE: Destination Earth On-Demand Extremes



1

Simulaciones globales

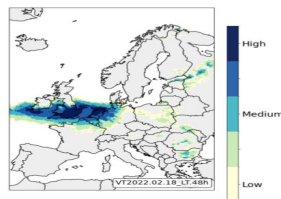


Global DT (IFS-NEMO)

- Determinista
- 1 pasada/día
- +96h
- Resolución: 4.4 km

2

Detección / activación

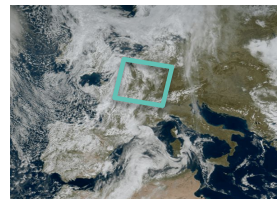


Basado en IFSENS (9km)

- Detección de tiempo extremo (intensidad y probabilidad)
- Viento, precipitación, CAPE, temperaturas extremas...

3

Simulaciones regionales



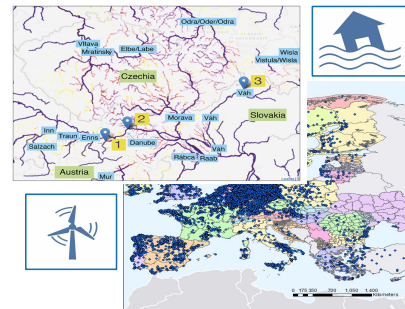
ALARO, AROME, HARMONIE-AROME

- Bajo demanda
- Anidado a Global_DT
- Hasta +48h
- Resolución: 750m-500m
- Determinista y "ensemble"

4

4

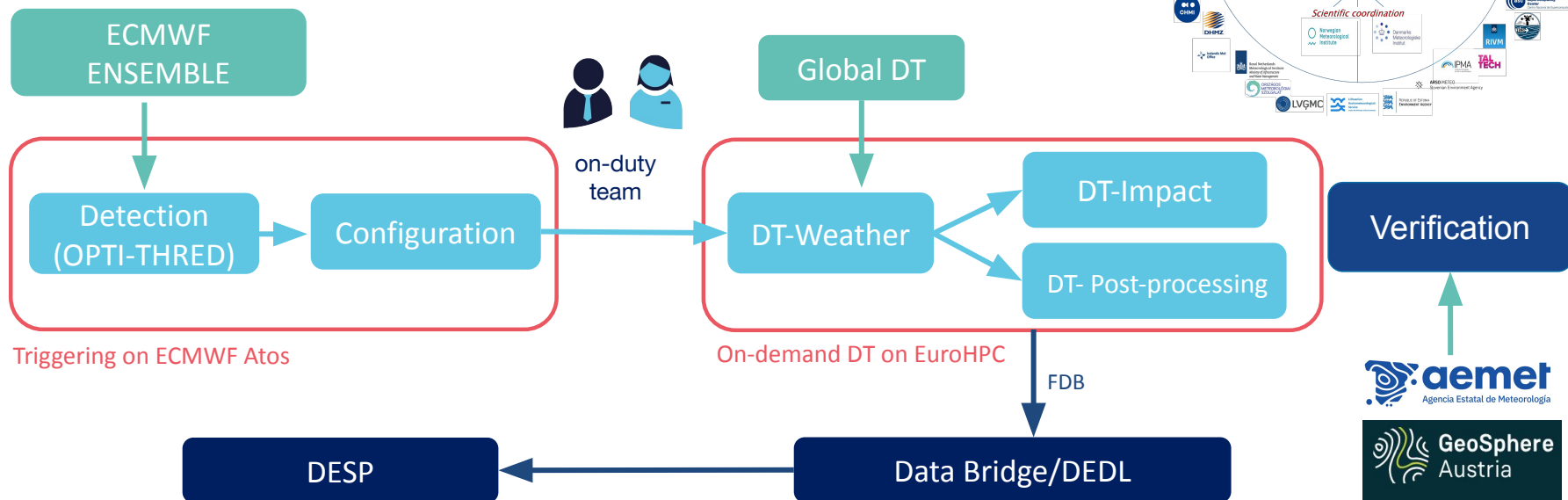
Sectores de impacto

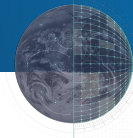


- Hidrología, energías renovables, calidad del aire, heladas, UTCl, incendios...



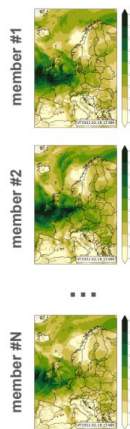
The DEODE Workflow



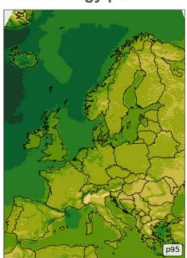


Detección: OPTI-THRED (OPTImized THReshold-based Event Detection)

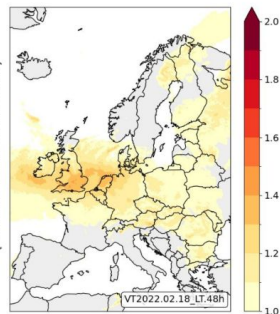
IFS ENS



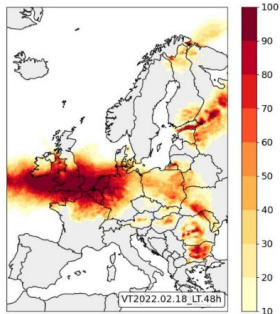
Climatology p95



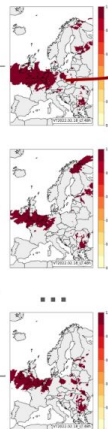
Measure of intensity
(fraction over threshold)



Measure of probability (%)



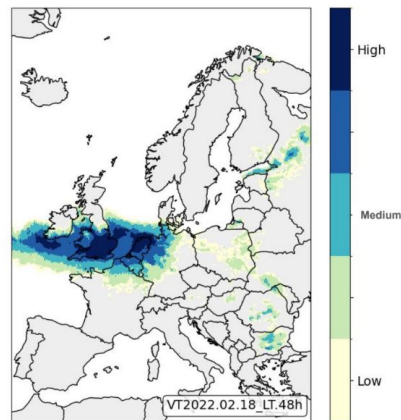
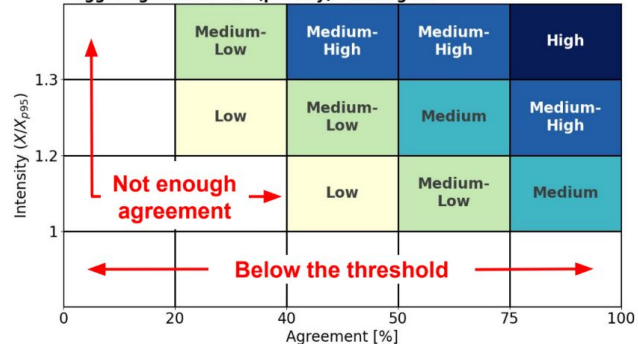
$X > X_{95}$



Variables:

- Viento
- Viento 100m
- Rachas
- Pcp
- CAPE
- MUCAPE
- Tmax
- Tmin

Triggering information (priority) - Wind gust



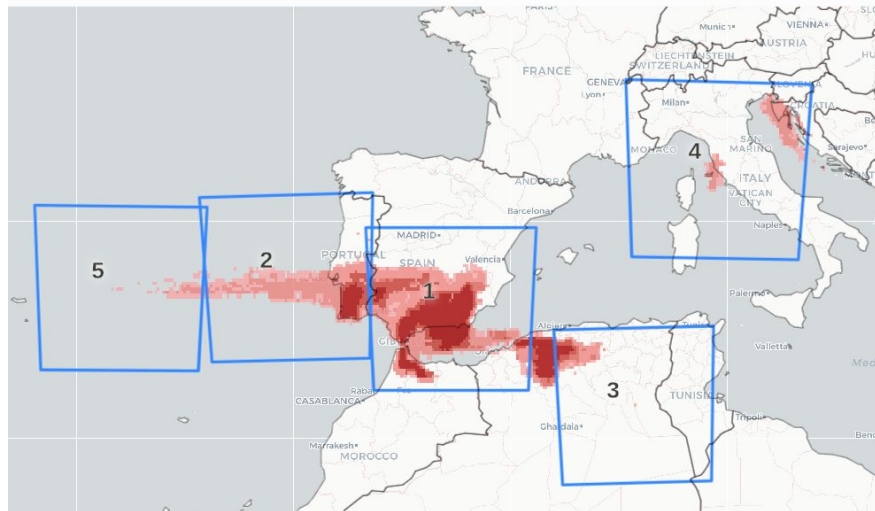


Activación: Deode Triggering Framework (DTF)

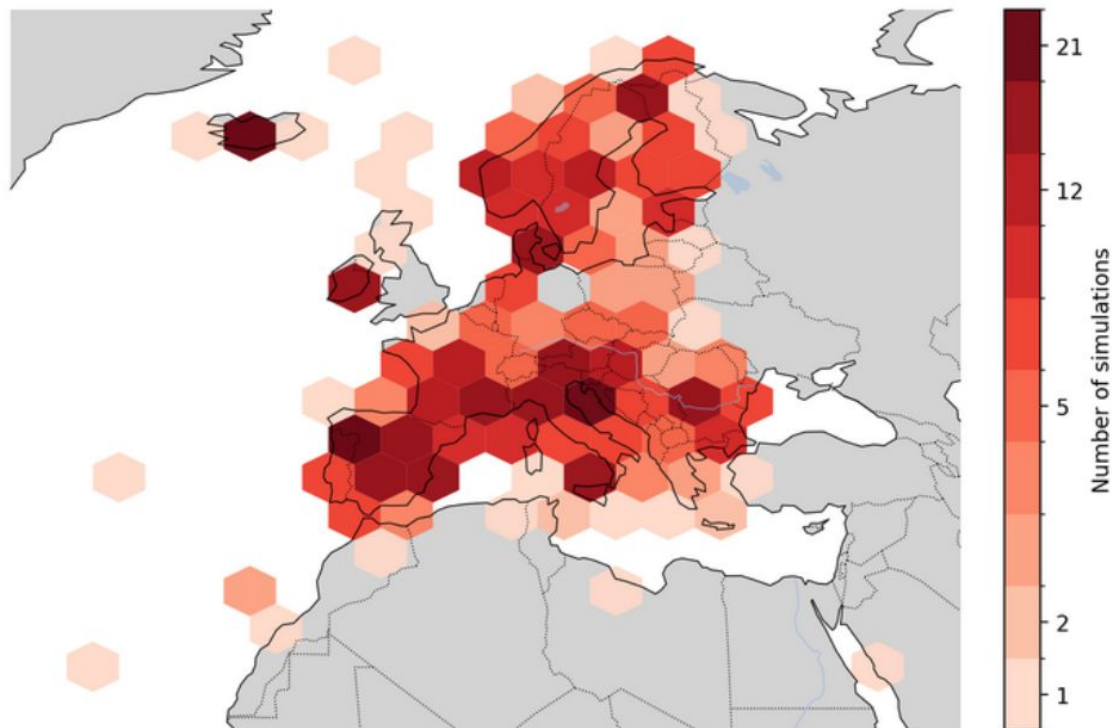
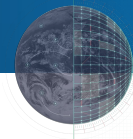
- Usa OPTI-THRED para sugerir dominios de activación de DEODE y asignar grado de prioridad
- 5 dominios/día, 5 extremos (convección, inundación, olas de frío y calor, viento).
- + otros eventos/impactos extremos: (marejada ciclónica, heladas, confort térmico, wind/energy ramps, etc)
- Dominios predeterminados con 750 km de ancho, 1500 x 1500 x 91 a 500 m (750m para “ensembles”)

Suggested domains for 'flooding' events

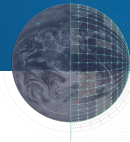
fcst: 2026-02-03, verif: 2026-02-04



- Activación semiautomática: El equipo “*on-duty*” analiza diariamente las salidas de OPTITHRED y DTF, compara con los avisos de MeteoAlarm, y decide qué eventos simular
- Modo automático (fines de semana y vacaciones, casos convectivos y de inundaciones con prioridad 1)
- Peticiones específicas desde los distintos SMNs para eventos especiales, por ejemplo:
 - World sky championship (Noruega, Marzo'25)
 - Juegos Olímpicos de Invierno (Italia, Feb'26)
 - Maratón Viena (Abril'25)
 - Ironman Austria (Mayo'25)



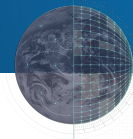
- Más de 600 simulaciones de tiempo extremo y/o peticiones particulares desde finales de 2024



DEODE: Validación y verificación



- AEMET y Geosphere lideran todas las tareas de verificación del módulo DT-Weather
- Rendimiento global difícil de cuantificar en un sistema en constante evolución y en el que el dominio por lo general no se repite
- Las referencias son Global_DT y IFS/IFSSENS. En casos especiales se incluyen modelos operativos de los SMNs
- Verificación puntual (sistema HARP):
 - Sistema pan-europeo de recolección de observaciones en cuasi-tiempo real (NRT) y a posteriori, con alrededor de 12000 estaciones. También se usa para monitorizar OPTI-THRED
 - Observaciones crowdsourcing (WOW) en periodos especiales. Se incorporarán NRT en la Fase 3
 - Se verifica cada simulación On-Demand y también las “rondas de validación” (1 mes de simulaciones de las 3 configuraciones sobre 4 dominios fijos)
- Herramientas de verificación espacial, principalmente basadas en la evaluación de lluvia y convección por escalas espaciales e intensidades (FSS: Fractions Skill Score)



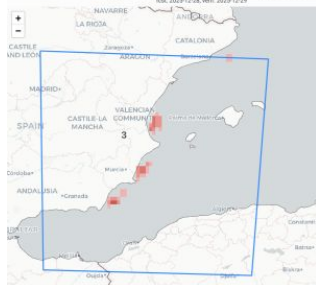
28-29 Dic 2025: Situación convectiva invernal en el SE de la península

PCP DEODE y Global_DT frente a análisis OPERA

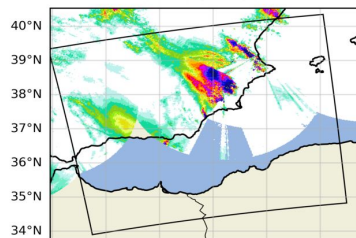
Total precipitation, maximum threshold fraction



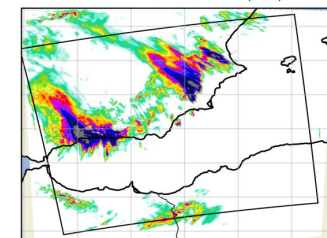
Suggested domains for 'flooding' events



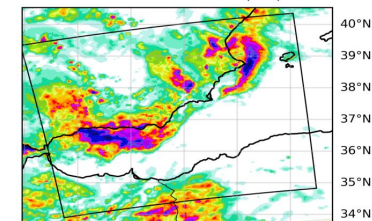
OPERA
Valid on 2025-12-28 at 12z



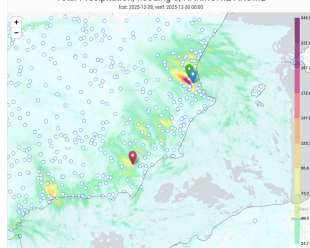
HARMONIE_AROME [exp: DEOD_cy49t2_HA_ESP_20251228_flooding_3] (regrid)
Run: 2025122800 UTC
Valid on 2025-12-28 at 12z (+12)



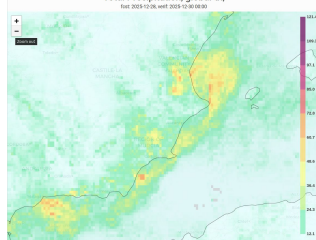
GlobalDT iekm 4.4 km [exp: Global_DT] (regrid)
Run: 2025122800 UTC
Valid on 2025-12-28 at 12z (+12)



Total Precipitation, flooding-3, HARMONIE-AROME



Total Precipitation, global-dt,



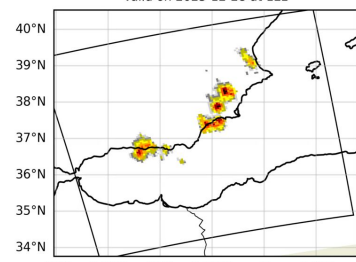
0 0.10.20.5 1 1.5 2 2.5 3 4 5 6 8 10 12 20 40
6-hour Accumulated Rainfall (mm)

0 0.10.20.5 1 1.5 2 2.5 3 4 5 6 8 10 12 20 40
6-hour Accumulated Rainfall (mm)

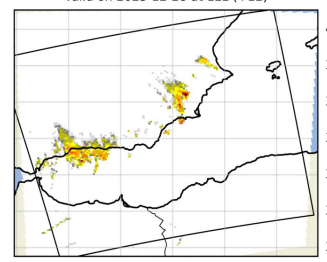
0 0.10.20.5 1 1.5 2 2.5 3 4 5 6 8 10 12 20 40
6-hour Accumulated Rainfall (mm)

Densidad de rayos DEODE y Global_DT frente a MTG Lightning Imager

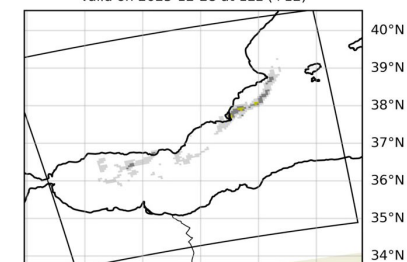
MTGLI
Valid on 2025-12-28 at 12z



HARMONIE_AROME [exp: DEOD_cy49t2_HA_ESP_20251228_flooding_3] (re-
Run: 2025122800 UTC
Valid on 2025-12-28 at 12z (+12)



GlobalDT iekm 4.4 km [exp: Global_DT] (regrid)
Run: 2025122800 UTC
Valid on 2025-12-28 at 12z (+12)

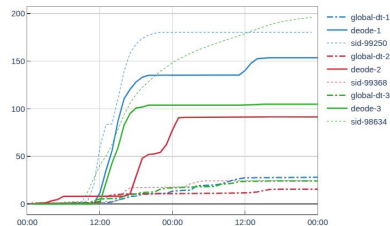


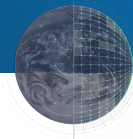
0 0.5 1 1.5 3.5 7 25 50
12-hour Flash density (km**2)

0 0.5 1 1.5 3.5 7 15 25 50
12-hour Flash density (km**2)

0 0.5 1 1.5 3.5 7 15 25 50
12-hour Flash density (km**2)

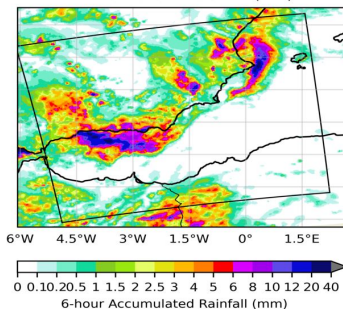
Total Precipitation



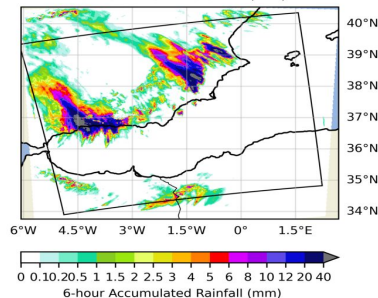


28-29 Dic 2025: Situación convectiva invernal en el SE de la península

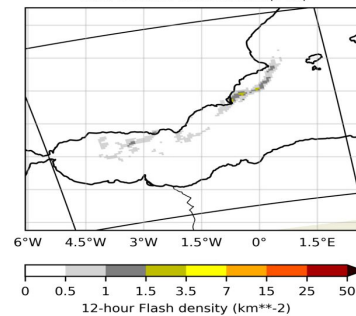
GlobalDT iekm 4.4 km [exp: Global_DT] (regrid)
Run: 2025122800 UTC
Valid on 2025-12-28 at 12z (+12)



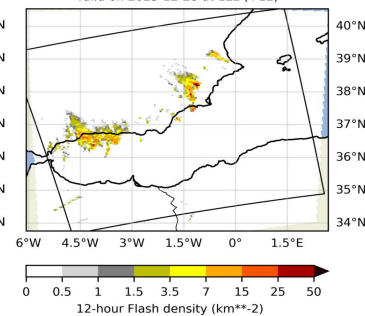
AROME [exp: DEOD_cy49t2_HA_ESP_20251228_flooding_3] (regrid)
Run: 2025122800 UTC
Valid on 2025-12-28 at 12z (+12)



GlobalDT iekm 4.4 km [exp: Global_DT] (regrid)
Run: 2025122800 UTC
Valid on 2025-12-28 at 12z (+12)



AROME [exp: DEOD_cy49t2_HA_ESP_20251228_flooding_3] (regrid)
Run: 2025122800 UTC
Valid on 2025-12-28 at 12z (+12)



Threshold	10 km	20 km	40 km	80 km	120 km
0.5 mm	0.33	0.36	0.39	0.43	0.46
1 mm	0.28	0.31	0.34	0.40	0.43
2 mm	0.23	0.25	0.29	0.36	0.41
4 mm	0.16	0.19	0.23	0.29	0.35
8 mm	0.06	0.07	0.10	0.15	0.20
16 mm	0.00	0.01	0.02	0.05	0.08

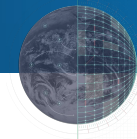
Threshold	10 km	20 km	40 km	80 km	120 km
0.5 mm	0.42	0.45	0.51	0.58	0.62
1 mm	0.38	0.42	0.48	0.55	0.59
2 mm	0.33	0.37	0.42	0.50	0.54
4 mm	0.27	0.31	0.37	0.44	0.49
8 mm	0.20	0.24	0.29	0.37	0.42
16 mm	0.11	0.14	0.18	0.26	0.36

Threshold	5 km	20 km	30 km	40 km	50 km
0.5 km^{*-2}	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13
1 km^{*-2}	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
5 km^{*-2}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 km^{*-2}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25 km^{*-2}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Threshold	5 km	20 km	30 km	40 km	50 km
0.5 km^{*-2}	0.29	0.44	0.48	0.51	0.53
1 km^{*-2}	0.27	0.43	0.48	0.51	0.54
5 km^{*-2}	0.11	0.23	0.29	0.33	0.36
10 km^{*-2}	0.10	0.18	0.21	0.23	0.25
25 km^{*-2}	0.05	0.12	0.14	0.15	0.16

Verificación FSS frente a análisis OPERA

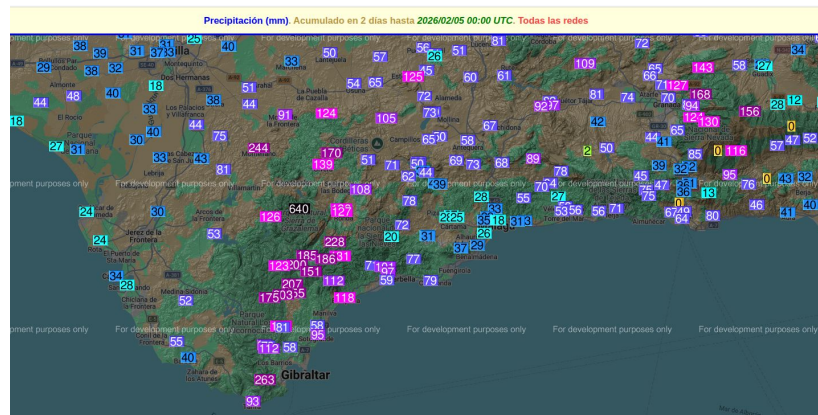
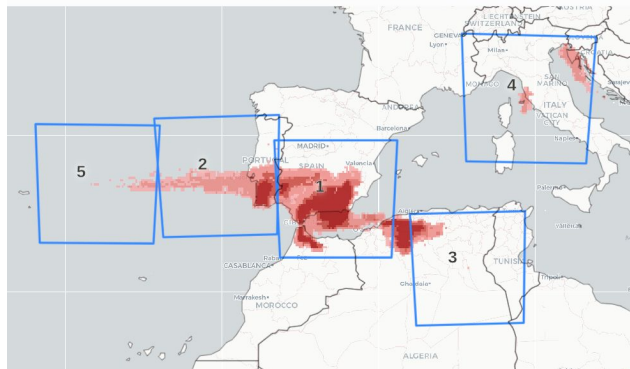
FSS frente a MTG Lightning Imager



3-5 Feb 2026: Inundaciones en el sur de Andalucía

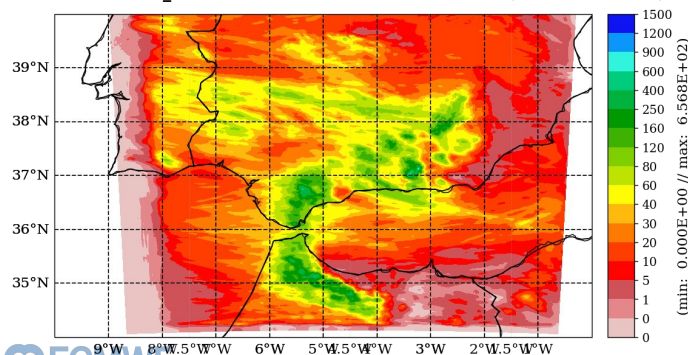
Suggested domains for 'flooding' events

fcs: 2026-02-03, verif: 2026-02-04

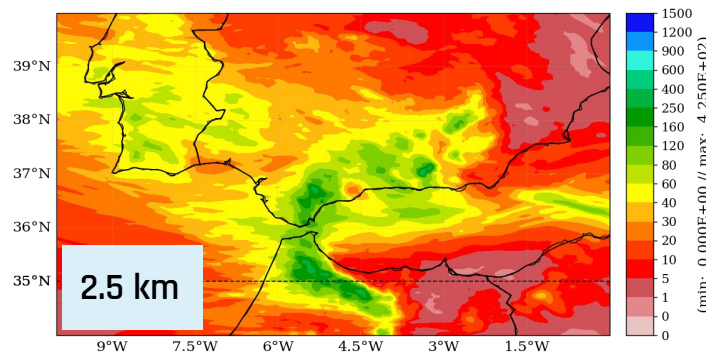


640mm
Grazalema
228mm
Alpendeire

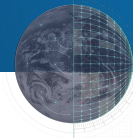
DEODE HARMONIE_AROME member0 750m - Total PCP (03-05 Feb 2026)



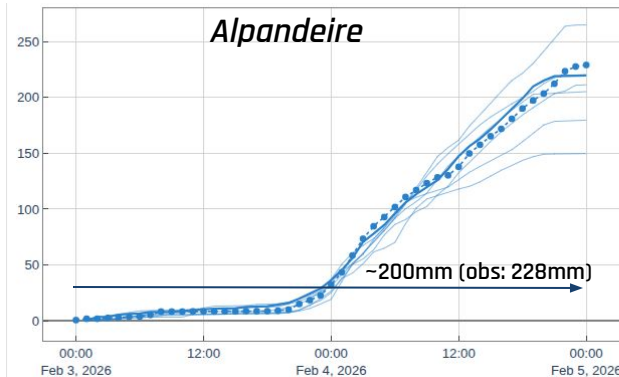
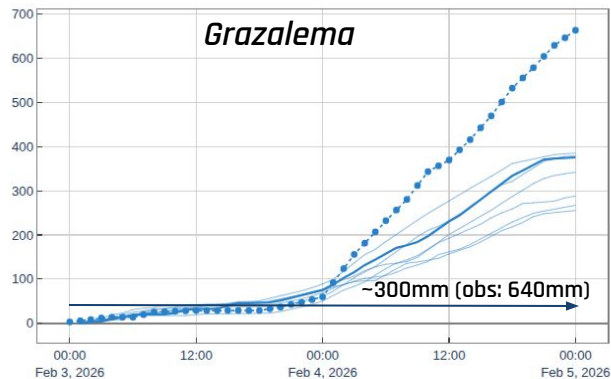
Harmonie-Arome 43 - Total PCP (03-05 Feb 2026)



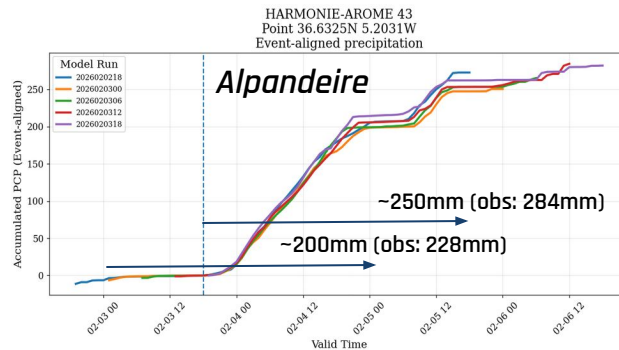
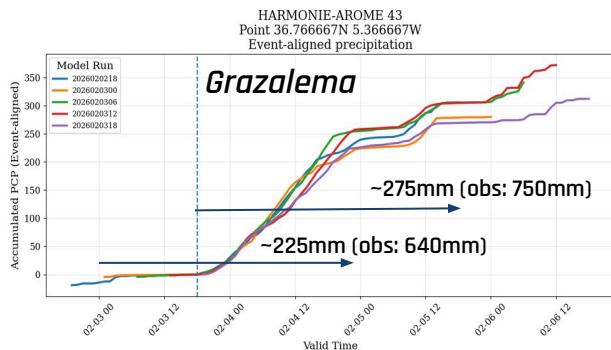
Miembro
DEODE-EPS vs
Modelo Operativo
en AEMET



3-5 Feb 2026: Inundaciones en el sur de Andalucía



Series temporales de precipitación acumulada observada (- -) en Grazalema y Alpendeire vs las estimaciones de los miembros de la simulación DEODE-EPS (—)

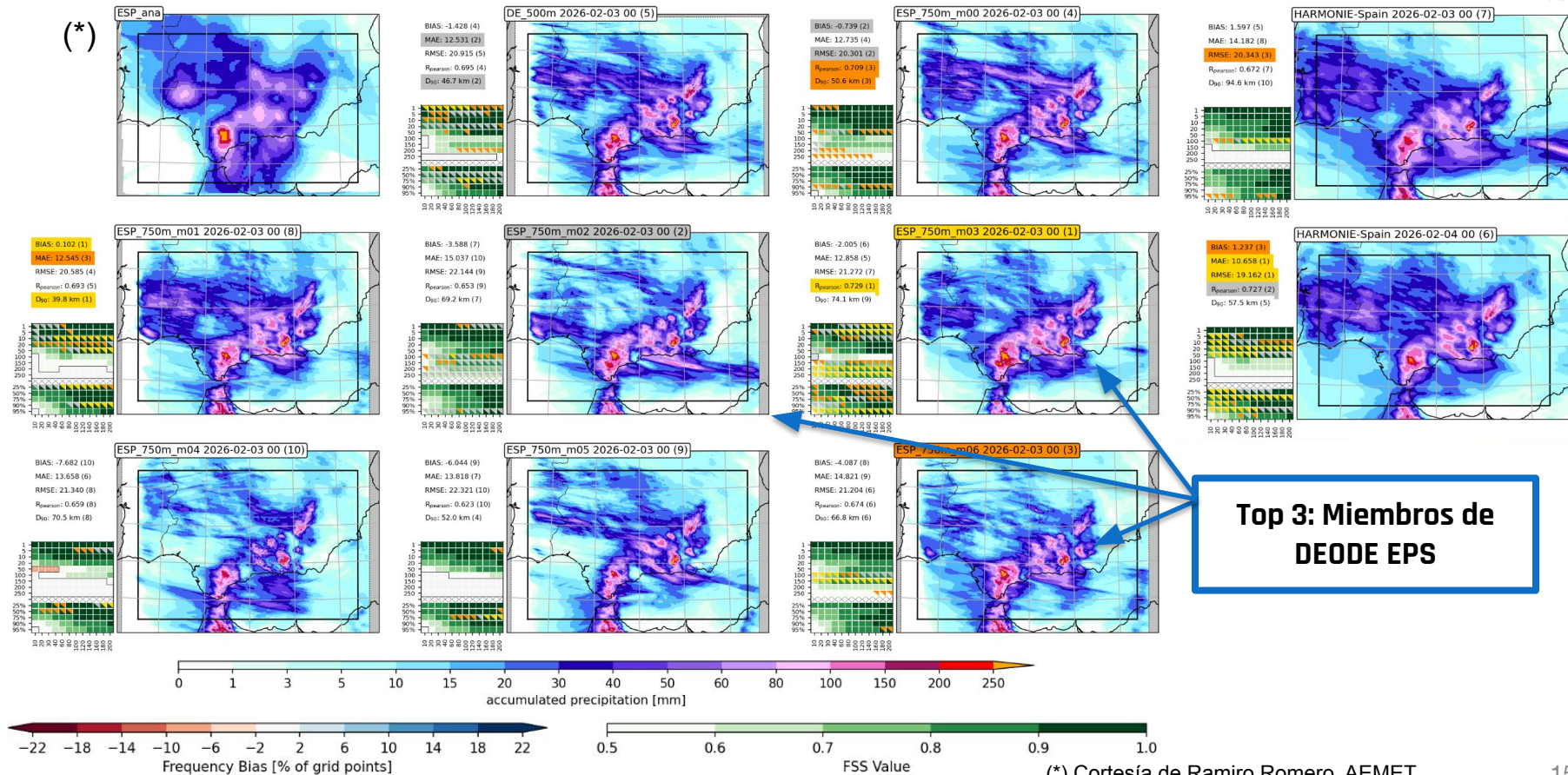


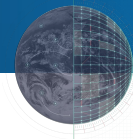
“Poor man's ensemble” con distintas inicializaciones del modelo operativo en AEMET (Harmonie-Arome 2.5km)

Verificación espacial: Panelificación



Acc. Precip. [mm] from 20260204 00 to 20260205 00 UTC



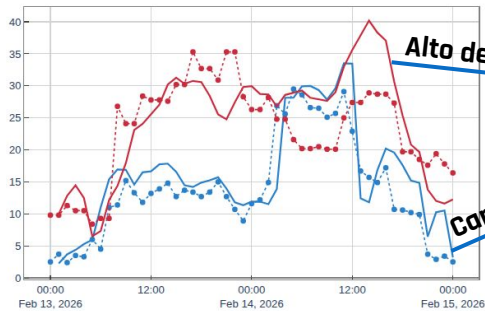


13-15 Feb 2026: Borrasca Oriana

Suggested domains for 'storm' events

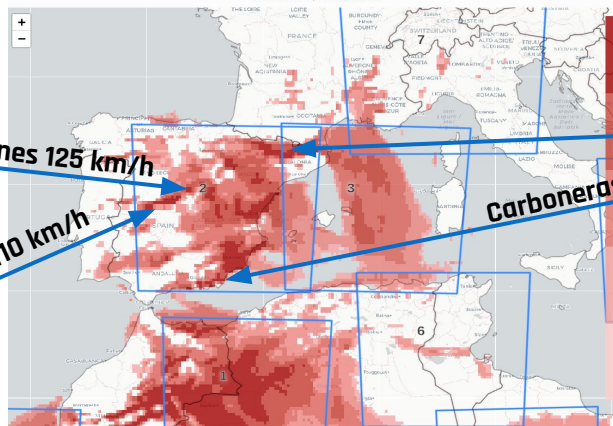
for: 2026-02-13, verif: 2026-02-14

Time-maximum 10 metre wind gust

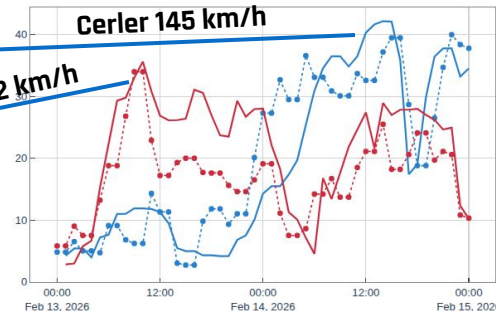


Alto de los Leones 125 km/h

Candeleda 110 km/h



Time-maximum 10 metre wind gust

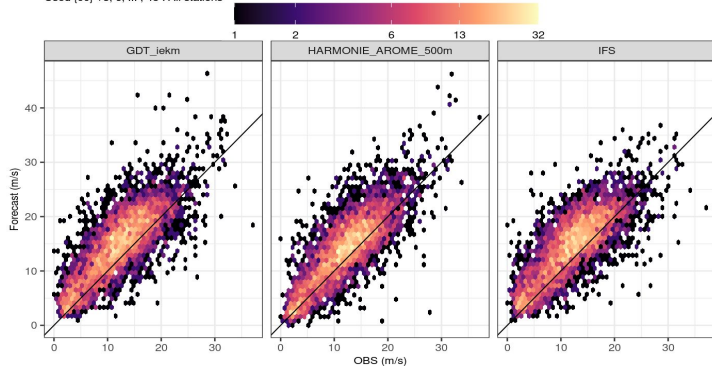


Cerler 145 km/h

Carboneras 122 km/h

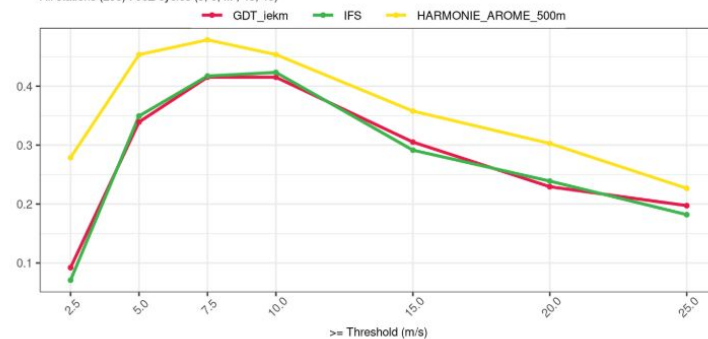
Scatterplot : Gmax : 2026-02-13-00 - 2026-02-13-00 (1 cycles)

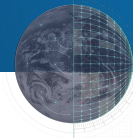
Used [00] +3, 6, ..., 48 : All stations



Equitable threat score : Gmax : 2026-02-13-00 - 2026-02-13-00 (1 cycles)

All stations (298) : 00Z cycles (3, 6, ..., 45, 48)



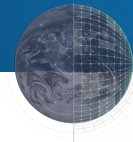


DT- Impact: Integración de aplicaciones en distintos grados de implementación

- E-HYPE (Modelo hidrológico pan-europeo)
- Marejadas ciclónicas (Storm surge)
- UTCI (Universal Thermal Confort Index)
- Heladas (sector agrícola)
- Incendios forestales
- Modelos de calidad del aire
- Renovables: Integración de distintos modelos de impacto en la generación de energía:
 - Wind speed ramping
 - Wind power ramping
 - Solar power ramping

DT- Postprocessing

- MLWP (Machine Learning Weather Prediction): Ensemble multidominio basado en anemoi
- Cuantificación de incertidumbre (UQ)
- Postprocesos estadísticos: Quantile Regression Forests (QRF)



DEODE: Política de datos

- DESTINE: datos abiertos (requisito por fondos UE)
- El acceso al DEDL (Destination Earth Data Lake, repositorio masivo de datos en la nube) gestionado por EUMETSAT, se realiza a través de la plataforma de servicios (DESP), gestionada por la ESA y puesta en operaciones a finales de 2024
- DEODE es aún un proyecto piloto. En la Fase 2, acceso restringido a los SMNs implicados.
- Mayor apertura en la Fase 3 (Jun'26-Jun'28):
 - Diseminación NRT a los SMNs y otras instituciones/servicios europeos con responsabilidad en emergencias
 - Acceso “a posteriori” a medida que la utilidad operativa quede demostrada, con vistas a maximizar su uso innovador en aplicaciones de impacto
 - Política de datos enfocada a aumentar el uso NRT de los productos DEODE, evitando el uso por actores no legalmente implicados en la emisión de avisos/alertas



Resumen

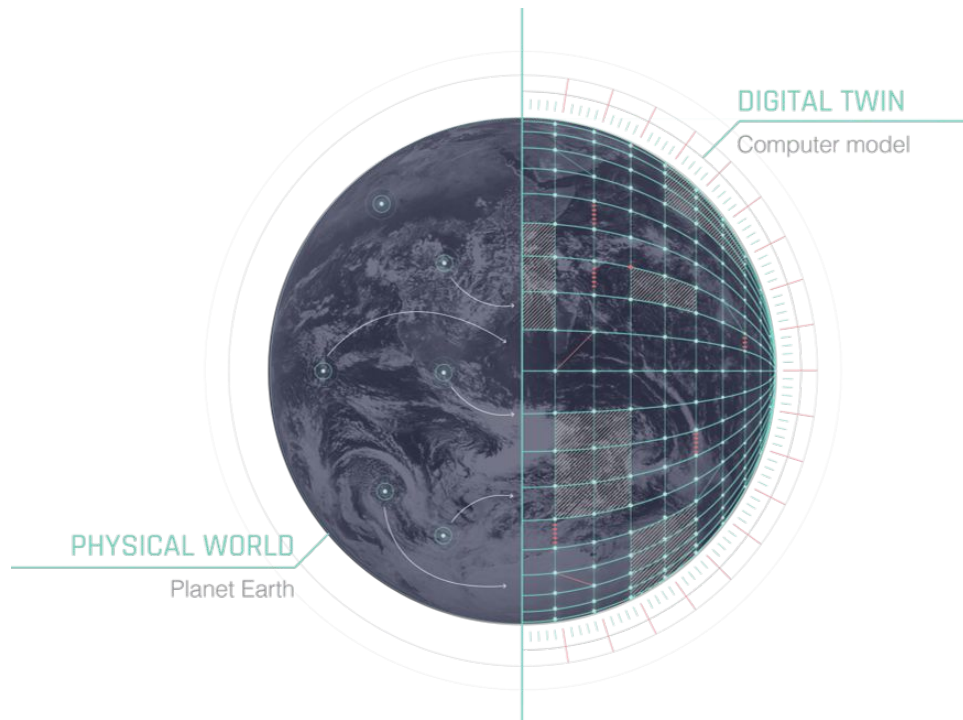
- DEODE: Subproyecto de DESTINE orientado a impactos extremos meteorológicos
- Integración completa: detección de eventos – simulación a alta resolución – conexión con los modelos de impacto y herramientas de postproceso
- Papel de AEMET:
 - Operación rutinaria del sistema (equipo *on-duty*)
 - Verificación espacial y puntual de DT-Weather
- En la Fase 3 (junio 2026) :
 - Mayor automatización e integración de todo el sistema Deode-Workflow
 - Uso más generalizado por parte de los SMNs europeos
 - Política de datos y progresiva apertura de los productos DEODE
 - Conexión con DT-Climate para el estudio de impactos meteorológicos en el contexto de cambio climático (“*What-if scenarios*”)

QUESTIONS?



CONTACT AND FURTHER INFORMATION

www.ecmwf.int/destine

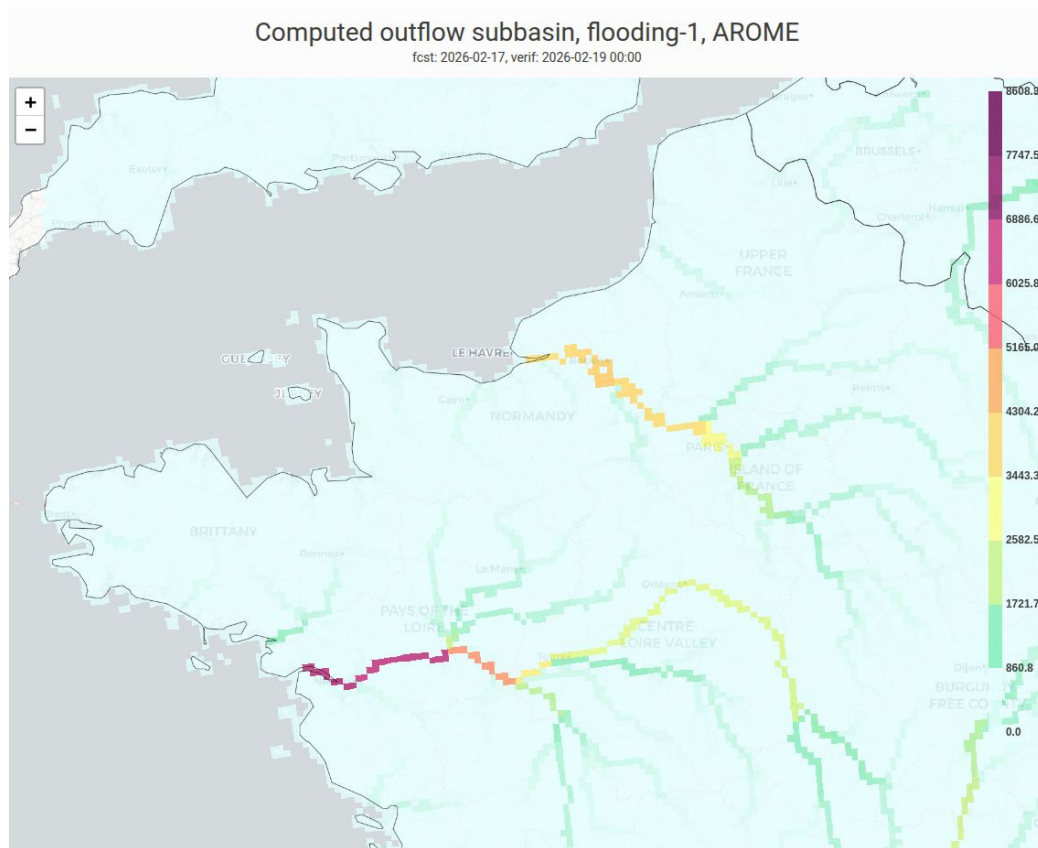
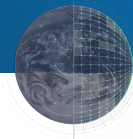


Funded by
the European Union

Destination Earth

implemented by





Ejemplos de productos del modelo
hidrológico E-HYPE

