

# **EL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y AYUDA A LA DECISIÓN DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL CANTÁBRICO, O.A.**

# ENCARGO:

## **Trabajos de adaptación y puesta a punto, explotación y mantenimiento, del Sistema Automático de Información (SAI) de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico en el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental y la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental**

**Director encargo:**

**D. José Manuel Llavona Fernández**

**Asistencia Técnica:**

**Tragsatec**



**Presupuesto:**

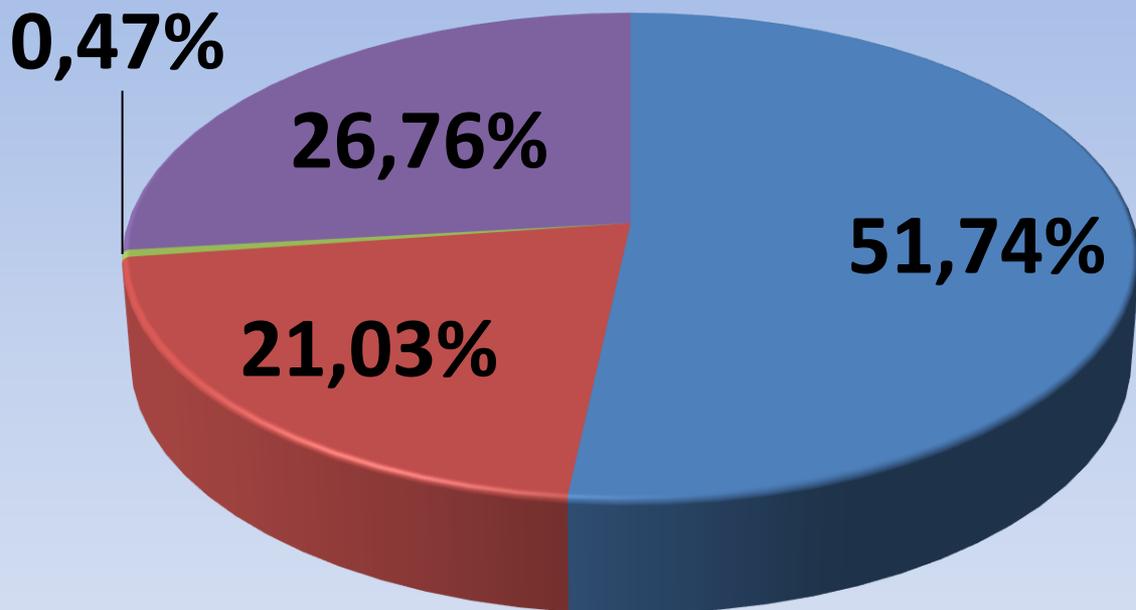
**5.609.273,89€**

**Inicio de los trabajos:**

**mayo 2020**

**Plazo de ejecución:**

**24+17 meses**



- 1. Explotación, mejora y ampliación de la red de control SAI
- 2. Nuevas instalaciones (físicas y virtuales) y funcionamiento CECU
- 3. Equipos de medida portátiles.
- 4. Sistema de Ayuda a la Decisión

# Elementos del SAD



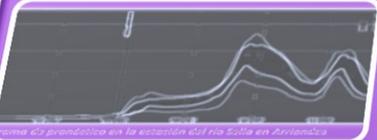
*Red SAI*



*Espacio virtual*



CECU



Desarrollos

# Infraestructuras básicas

## La red SAI

- 132 estaciones SAI-CHC
  - 82 estaciones en 2020
  - 50 estaciones nuevas
  - Mejora instrumentación

■ CH Cantábrico

- ▼ 40 aprovechamientos
  - 150 previstos

- 53 piezómetros

## Otras redes

### ■ Otras Administraciones

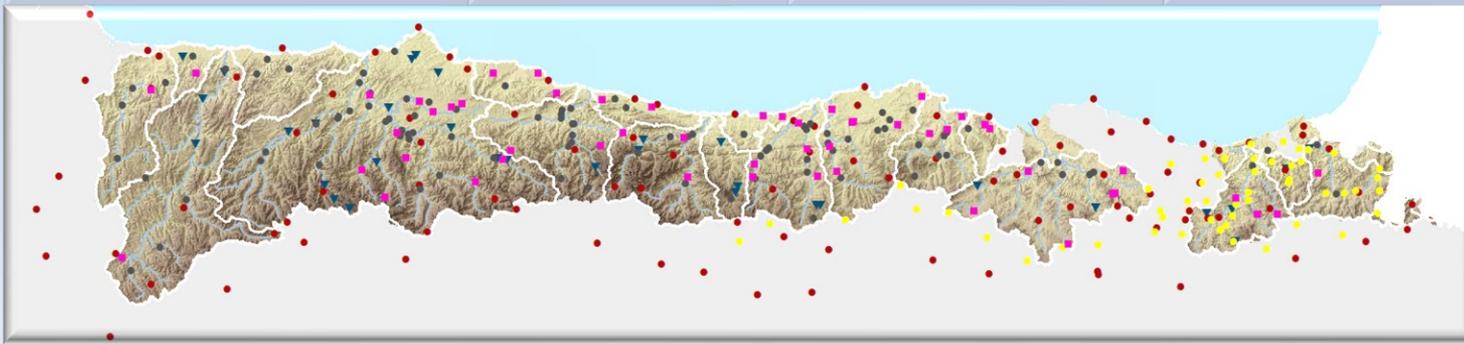
- 101 estaciones de AEMet
- 53 estaciones de otras Administraciones: CH Ebro, Diputación de Guipuzcoa, Diputación de Navarra
- 28 embalses de concesionarios

232 meteorológicas

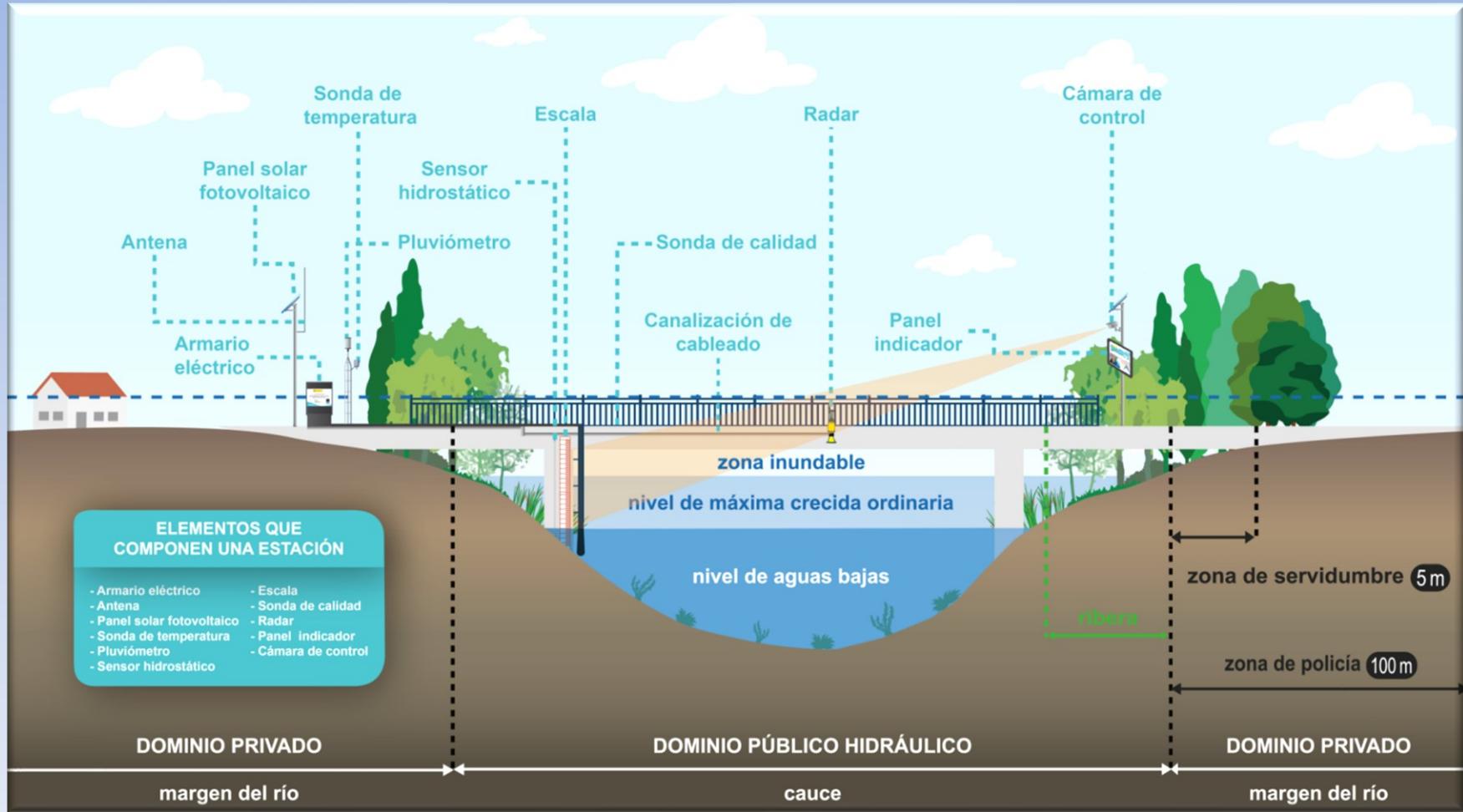
117 de aforo

53 piezómetros

28 embalses



# Estación SAI de bajo coste



# El espacio virtual

## Principales ventajas



Almacenar, gestionar y acceder a nuestros datos y aplicaciones a través de internet de una manera rápida y eficiente:

- **Garantía** de funcionamiento 24/7
- **Alta seguridad**
- **Escalabilidad**
- **Independencia**
- **Accesibilidad** desde cualquier lugar



# Otros usos del espacio virtual

## ■ Servicios en la nube de Microsoft



Página web/Intranet



Correo



Almacenamiento



Intercambio (FTP/SFTP)



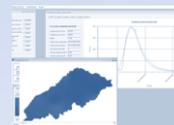
Base de datos



Zeus



GMAO

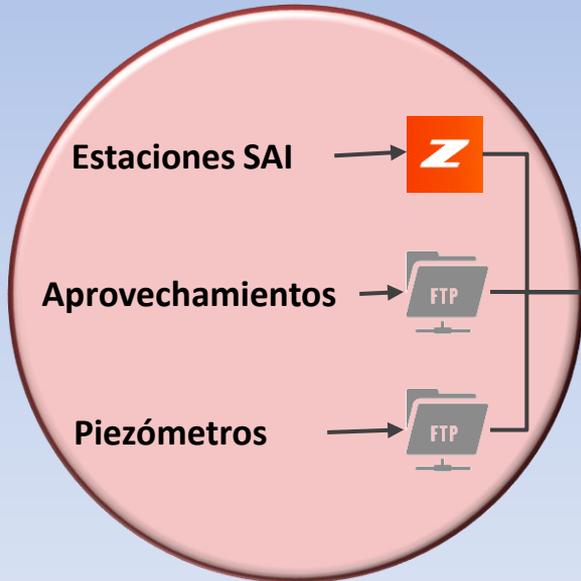


Modelos (SAD):

- Meteorológicos
- Hidrológicos
- Hidráulicos

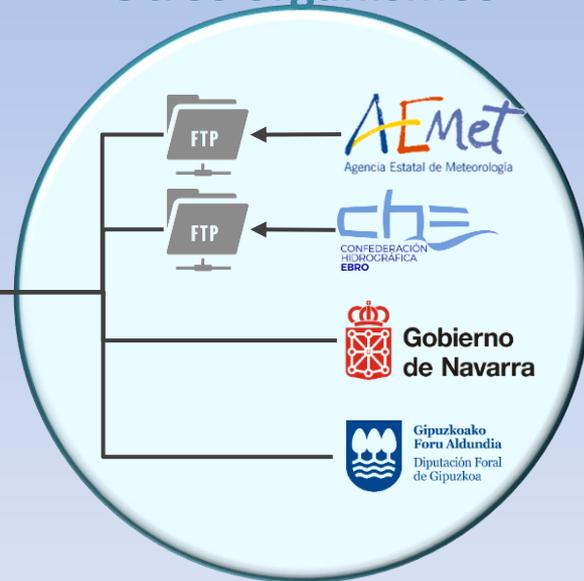
# Recolección y almacenamiento de datos

## CH Cantábrico



BBDD  
Wiski

## Otros organismos



# Centro de control de cuenca (CECU)

- Sistema inalámbrico (movilidad)
- Enlace sede CHC
- Hidrología La Fresneda
- CECU Tragsatec
- Infraestructura tecnológica en la nube



# Sistema de ayuda a la decisión (SAD)

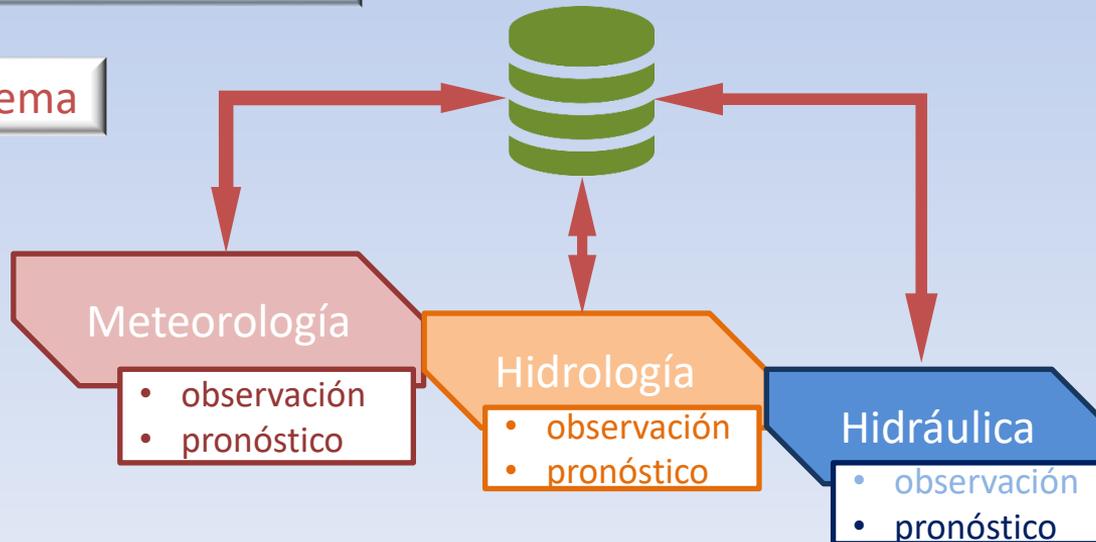
## Requerimientos

- **Funcionamiento 24/7**
- **Desarrollo progresivo**
- **Probabilístico**
- **Mejora continua**
- **Respuesta rápida**

## Objetivo

Analizar el **estado actual** de las cuencas y generar **pronósticos** que permitan anticipar y gestionar los episodios de avenida.

## Esquema



- **Base de datos**
- **3 fases**
- **2 horizontes**



# Sistema de ayuda a la decisión (SAD)

## Horizonte de observación

### Observación

Cada 15 min

### Meteorología

Informe observación

- precipitación
- temperatura

si hay HARMONIE

Archivo calentamiento

### Hidrología

nivel

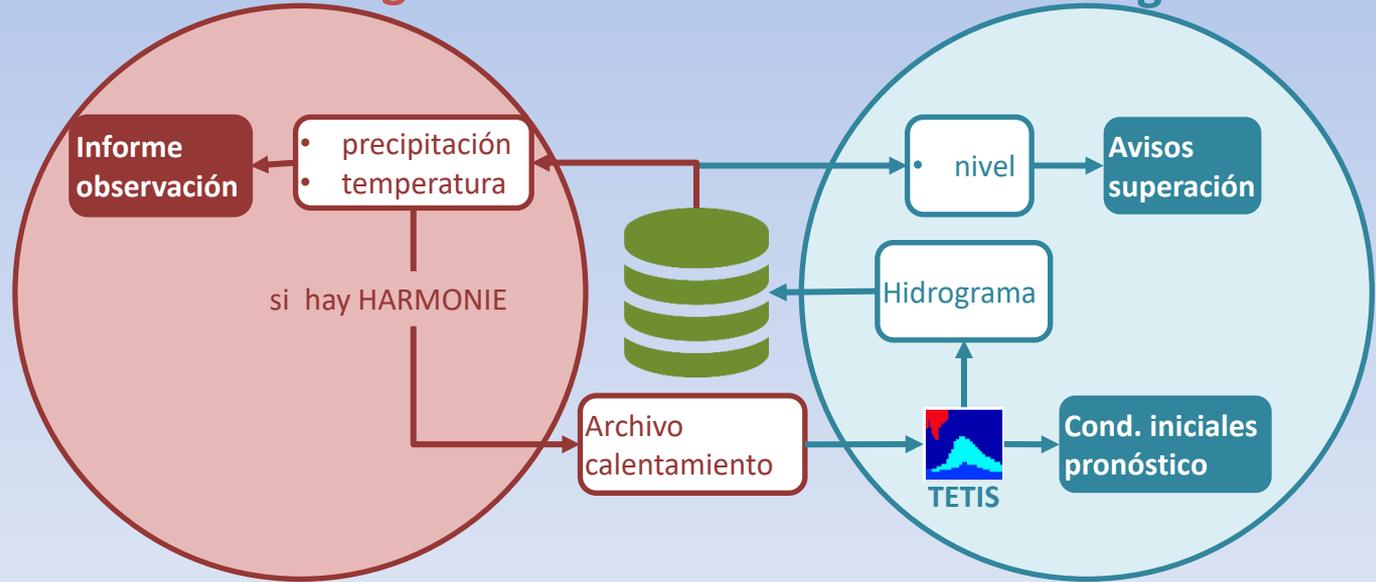
Avisos superación

Hidrograma

TETIS

Cond. iniciales pronóstico

Informe de observación de las últimas 24 horas



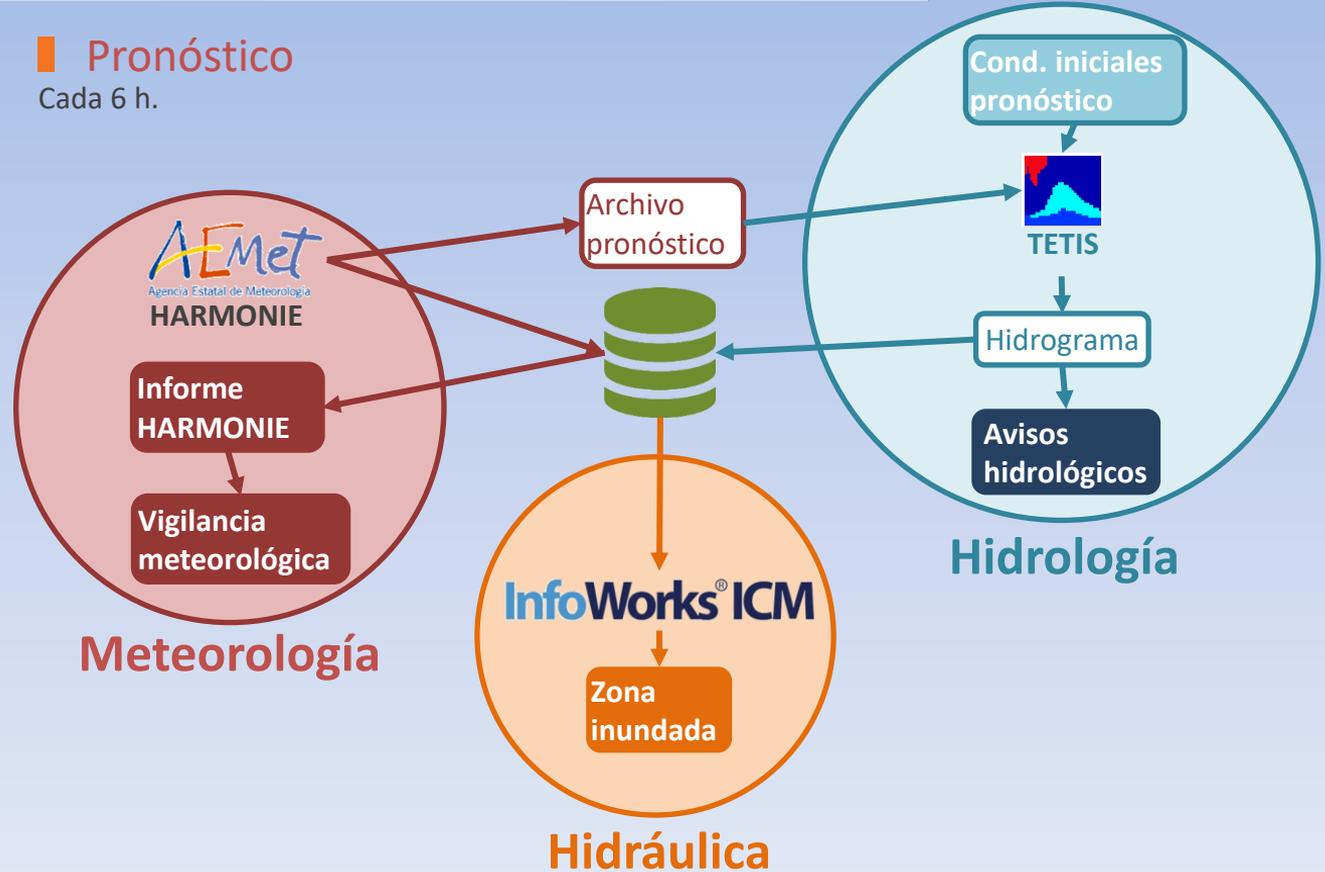
# Sistema de ayuda a la decisión (SAD)

## Horizonte de pronóstico

### ■ Pronóstico

Cada 6 h.

Informe de pronóstico de las próximas 24 horas



# Fase Meteorológica

## Resultados en formato tabla

Agregación de datos a nivel de cuenca

### Observación/previsión meteorológica

– Tabla

\*Precipitaciones registradas (mm) en pluviómetros SAI-CHC y AEMet durante las 24 h anteriores al Sábado,23 de Octubre de 2021 17:00

Día	Viernes,22 de Octubre						Sábado,23 de Octubre														Maximos Acumulados								
	Hora Local	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	1 HORA	12 HORAS	24 HORAS	
Eo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Porcía	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Navia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Esva	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Narcea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nalón	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.4
Nalón costa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Villaviciosa	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	
Sella	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.6	
Llanes	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	
Deva	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.0	
Nansa	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.8	
Gandarilla	0.5	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	1.1	
Saja	0.4	0.7	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.5	1.5	
Pas	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.7	
Miera	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.5	
Asón	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	0.8	
Agüera	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	
Nervión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	
Oria	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Urumea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Bidasoa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pirenaicos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*Precipitaciones acumuladas en los periodos señalados y correspondientes a las medias del ámbito geográfico de las distintas cuencas/zonas hidrologicas

\*Para las variables acumuladas en una hora (racha máxima, precipitación y nieve) se considera a partir de ese momento y durante la hora siguiente (p.e., la precipitación a las 09:00 corresponde a la acumulada entre las 09:00 y 10:00).

Intervalo horario con la mayor precipitación  
Intervalo horario en el que se alcanzan los 10 mm

Umbrales	1 HORA	12 HORAS	24 HORAS
Normalidad	<15	<40	<50
Nivel Amarillo	>=15	>=40	>=50
Nivel Naranja	>=30	>=80	
Nivel Rojo	>=60	>=120	



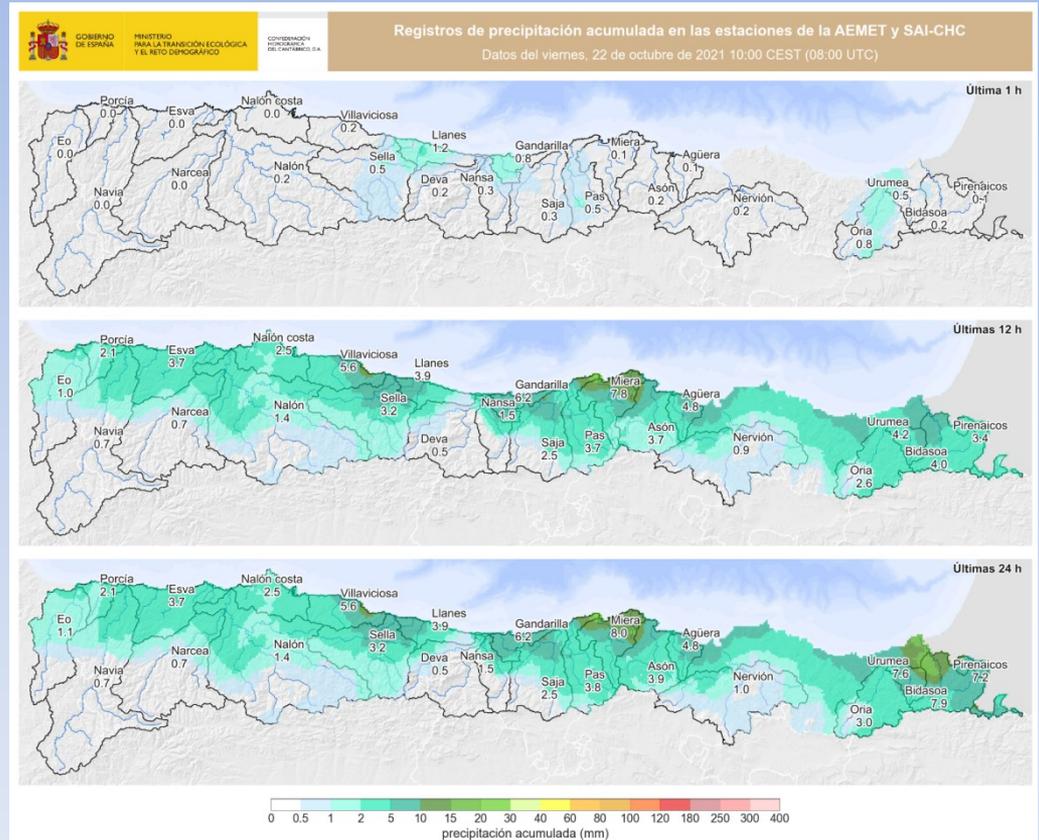
# Sistema de ayuda a la decisión (SAD)

## Resultados en formato imagen

### Observación/previsión meteorológica

- Tabla
- Mapas
- Vídeo

Datos desagregados



# Sistema de ayuda a la decisión (SAD)

## Resultados del SAD

### ■ Pronóstico meteorológico

#### — Avisos

El informe adjunto de previsiones de precipitaciones totales, correspondiente al pronóstico HARMONIE de las **06:00** horas de hoy, recoge situación VIGILANCIA-CHC en las siguientes zonas hidrológicas:

- **Pas-Miera:**
  - 39,2 mm ( $\geq 35$  mm de acumulada media en 12 horas)
  - 57,3 mm ( $\geq 50$  mm de acumulada media en 24 horas)
- **Asón:**
  - 47,1 mm ( $\geq 35$  mm de acumulada media en 12 horas)
  - 60,3 mm ( $\geq 50$  mm de acumulada media en 24 horas)

En el siguiente [enlace](#) se pueden consultar los mapas con los pronósticos meteorológicos del modelo HARMONIE-AROME

Este informe ha sido generado de forma automática por el sistema de información. Para cualquier consulta o problema relacionado con la recepción de estos mensajes, diríjase a: [soporte@saichcantabrico.es](mailto:soporte@saichcantabrico.es) y le responderemos a la mayor brevedad.

**CECU CHCantabrico**

Datos agregados a nivel de cuenca



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO  
COMISIÓN REGIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE CANTÁBRICA

saichcantábrico

Página principal Observación **Pronóstico** Infraestructura Utilidades Usuario Q

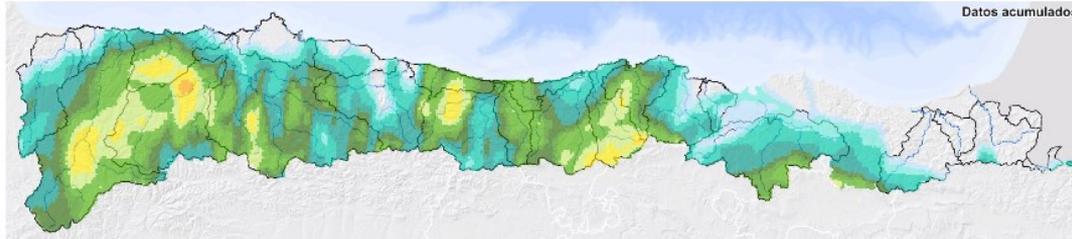
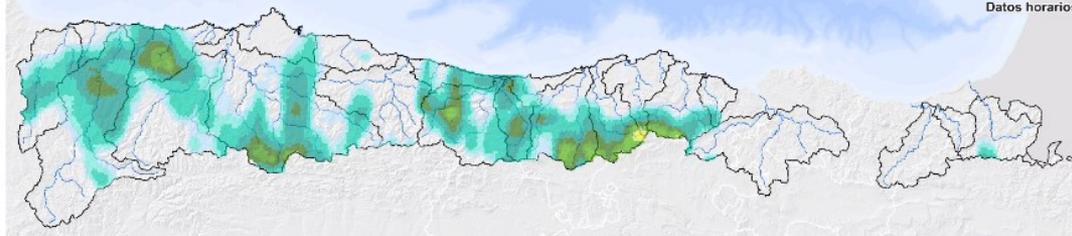
## Videos de estado

 Precipitación Total

 Precipitación sólida



Pronóstico de precipitación total del modelo HARMONIE-Arome de la AEMET  
Predicción del lunes, 31 de mayo de 2021 02:00 CEST (00:00 UTC)



# Fase Hidrológica

## Resultados

### ■ Observación hidrológica

#### – Avisos

Se comunica, a los efectos oportunos, la relación de estaciones en las que los niveles han superado, a las 13:00 del 04/11/2021, alguno de los umbrales establecidos:

- **En nivel rojo:**
  - Campiazo en Beranga, con 4,51 m (umbral en 4,30 m) (dato de: 04/11/2021 13:00)

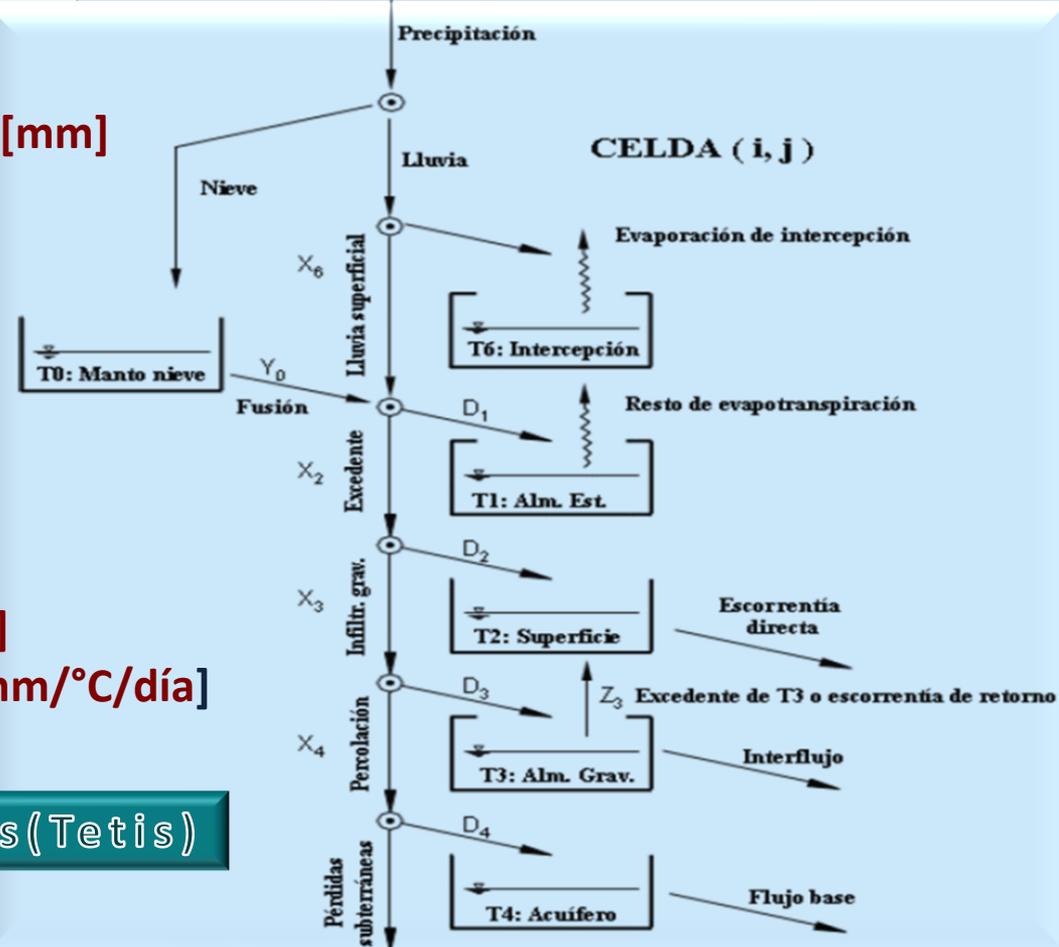
*En el siguiente [enlace](#) se pueden consultar los datos en tiempo real de las estaciones del SAI-CHCantábrico (sólo usuarios con permisos).*

*Este informe ha sido generado de forma automática por el sistema de información. Para cualquier consulta o problema relacionado con la recepción de estos mensajes, diríjase a: [soporte@saichcantabrico.es](mailto:soporte@saichcantabrico.es) y le responderemos a la mayor brevedad.*

**CECU CHCantabrico**



- FC1: Almacenamiento estático [mm]
- FC2: Evapotranspiración de referencia [mm]
- FC3: Infiltración [mm/h]
- FC4: Escorrentía directa [mm/h]
- FC5: Percolación [mm/h]
- FC6: Interflujo [mm/h]
- FC8: Flujo base [mm/h]
- FC9: Velocidad del flujo en cauces
- Modelo de Nieve:
  - CF1: coeficiente fusión [mm/°C/día]
  - CF2: coeficiente fusión con lluvia [mm/°C/día]

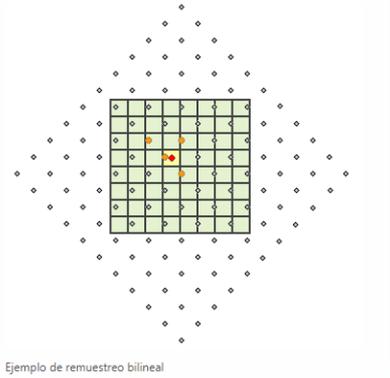


Modelo Evaluación de Caudales (Tetis)

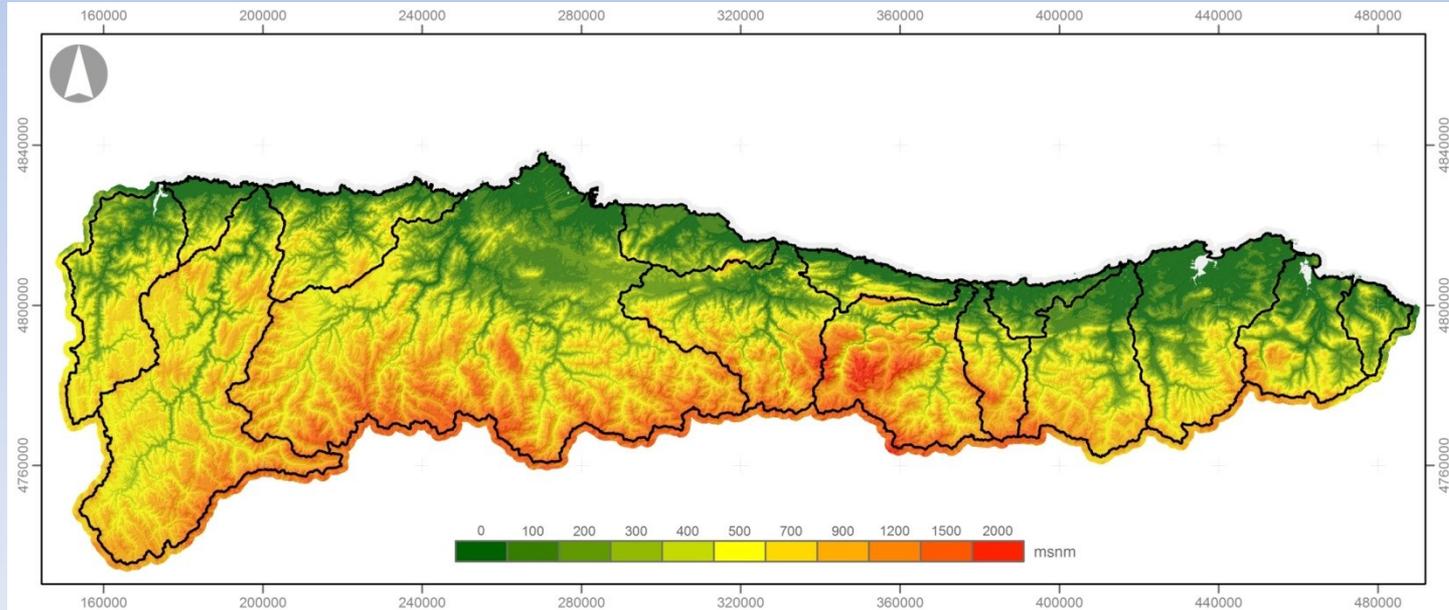
Modelo distribuido

## Modelos TETIS. Información preexistente

- 1.MDT
- 2.Pendientes
- 3.Velocidades de ladera
- 4.Direcciones de flujo
- 5.Celdas drenantes acumuladas
- 6.Almacenamiento estático del suelo  $H_u$
7. Conductividad hidráulica del suelo  $K_s$
- 8.Cubierta Vegetal
- 9.Conductividad hidráulica acuífero  $K_p$



Ejemplo de remuestreo bilineal

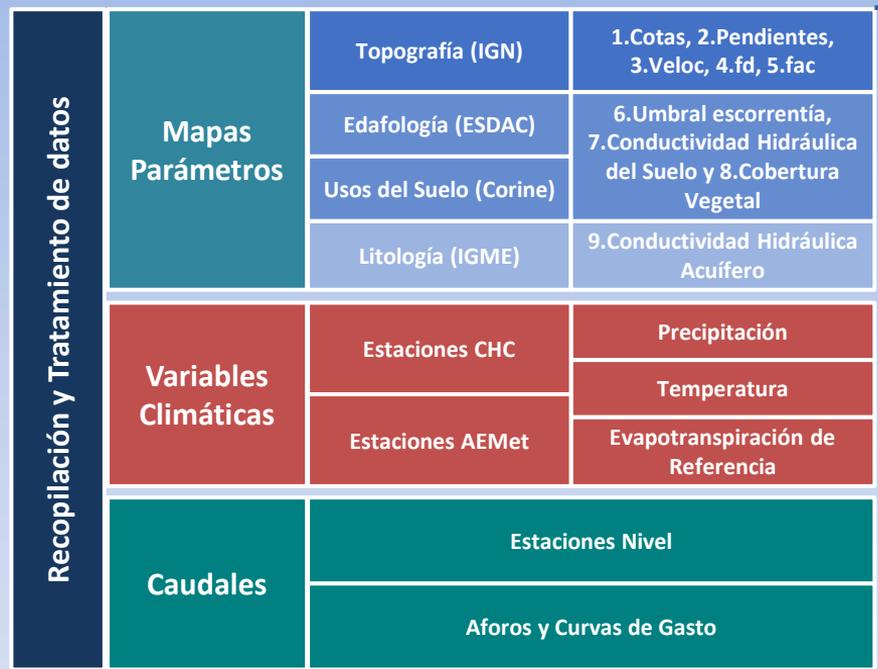


# Calibración/Validación de modelos TETIS

Maximizar índice de

Eficiencia de Nash-Sutcliffe

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Q}_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}$$



CALIBRACIÓN	VALIDACIÓN	
0.8 < NSE ≤ 1.0	0.7 < NSE ≤ 1.0	EXCELENTE
0.7 < NSE ≤ 0.8	0.6 < NSE ≤ 0.7	BUENA
0.6 < NSE ≤ 0.7	0.5 < NSE ≤ 0.6	ACEPTABLE
NSE ≤ 0.6	NSE ≤ 0.5	NO ACEPTABLE

# Calibración Hidrológica

## EVENTOS LARGOS:

Regímenes diversos de caudal

**Calibración** del caudal:

Objetivo: NSE y sesgo

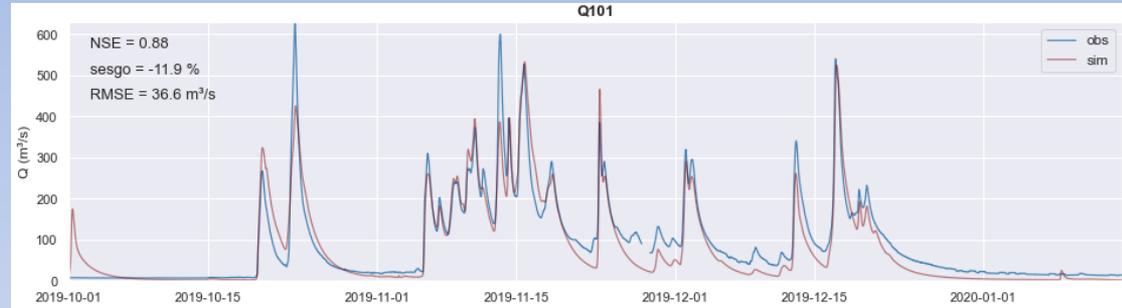
Resultado:

1 parametrización/evento

**Validación** espacio temporal:

Resultado:

1 parametrización



Resultado de la validación de la cuenca del Sella (estación de Arriendas) en el otoño-invierno de 2019.

## EVENTOS DE AVENIDA:

Régimen alto de caudal

Alertas históricas de nivel **naranja** y **rojo** + multievento

Calentamiento:

Periodo: 4 meses previos

Parametrización larga

**Calibración** del caudal:

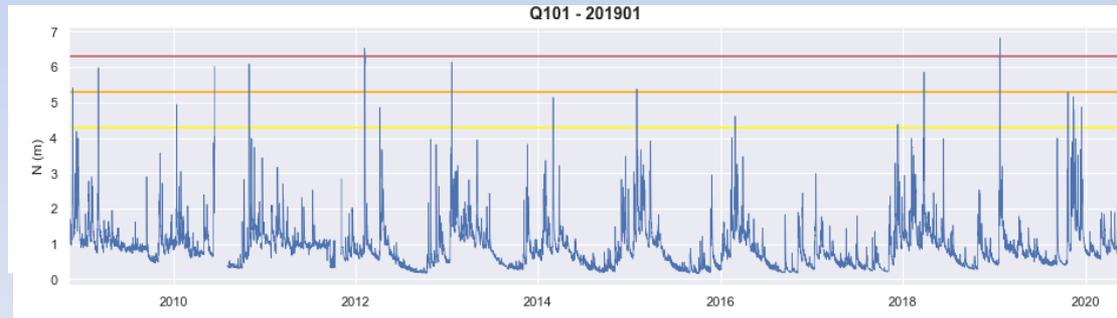
Objetivo: NSE o  $NSE_{rangos}$  y sesgo

Resultado:

1 parametrización/evento

**Validación** espacio temporal:

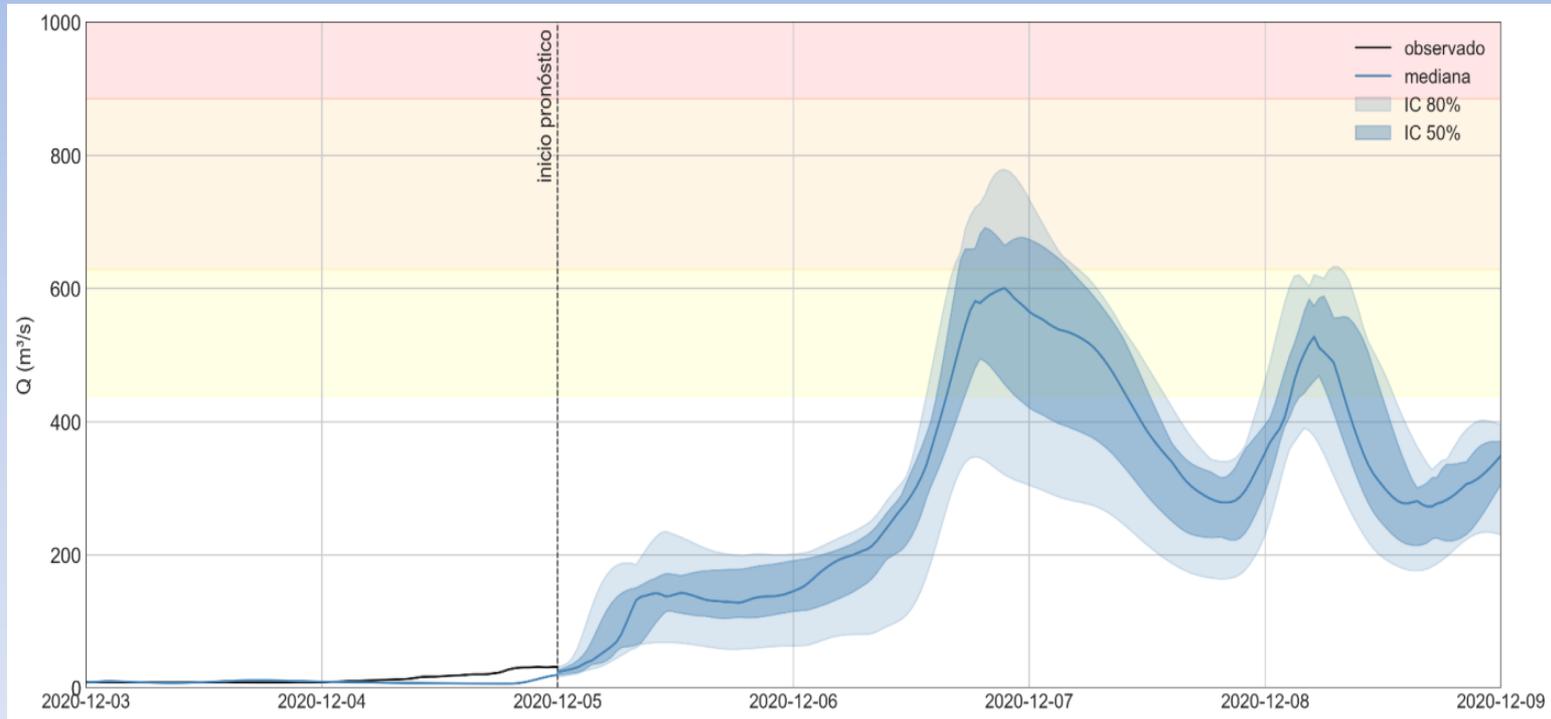
Resultado: n parametrizaciones



Selección de eventos de avenida en la estación del Sella en Arriendas.

# Pronóstico hidrológico

Hidrogramas de pronóstico → alertas hidrológicas



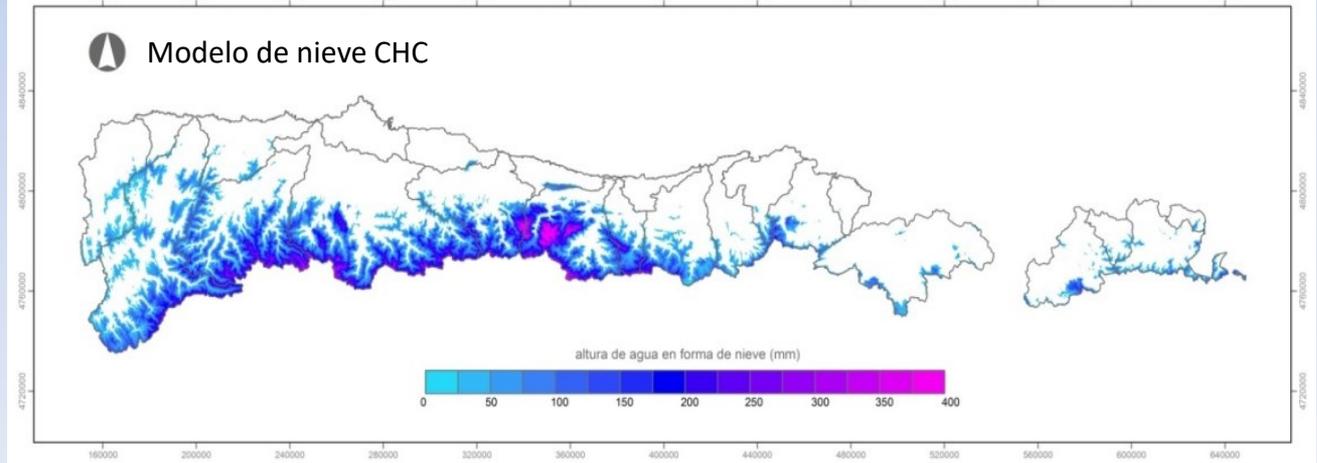
*Hidrograma de pronóstico en la estación del río Sella en Arriondas*

# Pronóstico hidrológico. Modelo de nieve.

*Extensión de la  
cobertura nival en días  
sin nubes*



*Equivalente agua-nieve  
resultado del modelo*



ALA





GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONTRIBUCIÓN HERRAMIENTA DEL CANTÁBRICO, S.A.



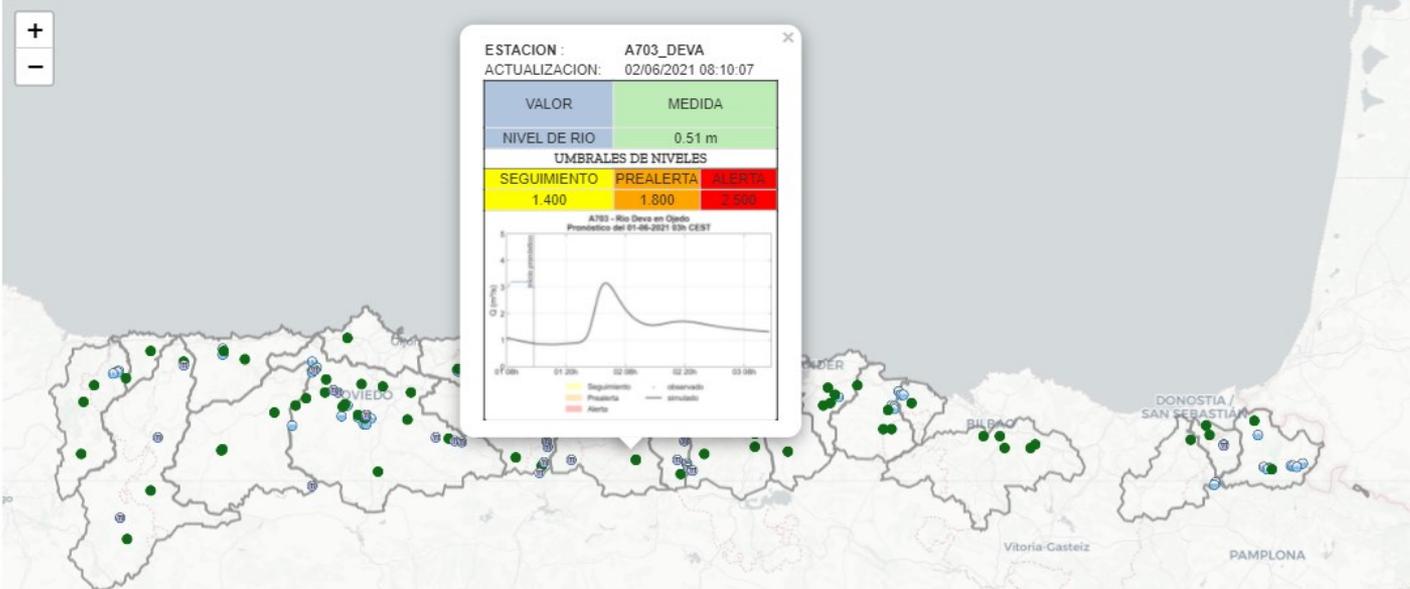
[Página principal](#)
[Observación](#)
[Pronóstico](#)
[Infraestructura](#)
[Utilidades](#)
[Q](#)

## Intranet saiCHCantábrico

[Inundación](#)
[Embalses](#)
[Estaciones](#)
[Sistemas](#)

Temático apagado ▼

+  
-

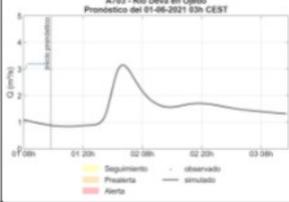


ESTACION : A703\_DEVA
✕

ACTUALIZACIÓN: 02/06/2021 08:10:07

VALOR	MEDIDA	
NIVEL DE RIO	0.51 m	
UMBRALES DE NIVELES		
SEGUIMIENTO	PREALERTA	ALERTA
1.400	1.800	2.500

A703 - Rio Deva en Ojedo  
Pronóstico del 01-06-2021 9:30 CEST



25

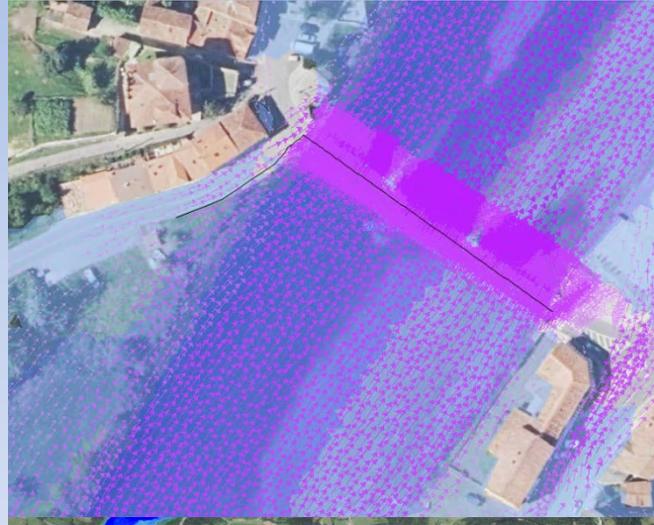
## ■ Pronóstico hidráulico

### InfoWorks:

- Condiciones de contorno: hidrogramas de TETIS
- Simula tramos de ARPSI

### Resultados:

- Área afectada
- Calado
- Velocidad



## La biblioteca de avenidas

Herramienta de búsqueda rápida en la Interfaz Web, con Módulos desplegables por sistemas, modelos, mapas y eventos y sistema de geolocalización automático de ARPSIs-Modelos, así como visualización del pronóstico Q pico a 48 h por entradas y Q máximos por evento

Se aloja dentro de la intranet y permite:

- Visualizar de forma rápida e intuitiva los efectos de eventos de avenida tipo: MCO, 10, 50, 100 y 500 años de retorno.
- Comparar el pico de caudal del último pronóstico con el de los eventos de avenida tipo



## InfoWorks Live y desarrollos propios

InfoWorks LIVE ejecuta los modelos de los tramos de ARPSI en los que ha saltado alguna alarma previa, con:

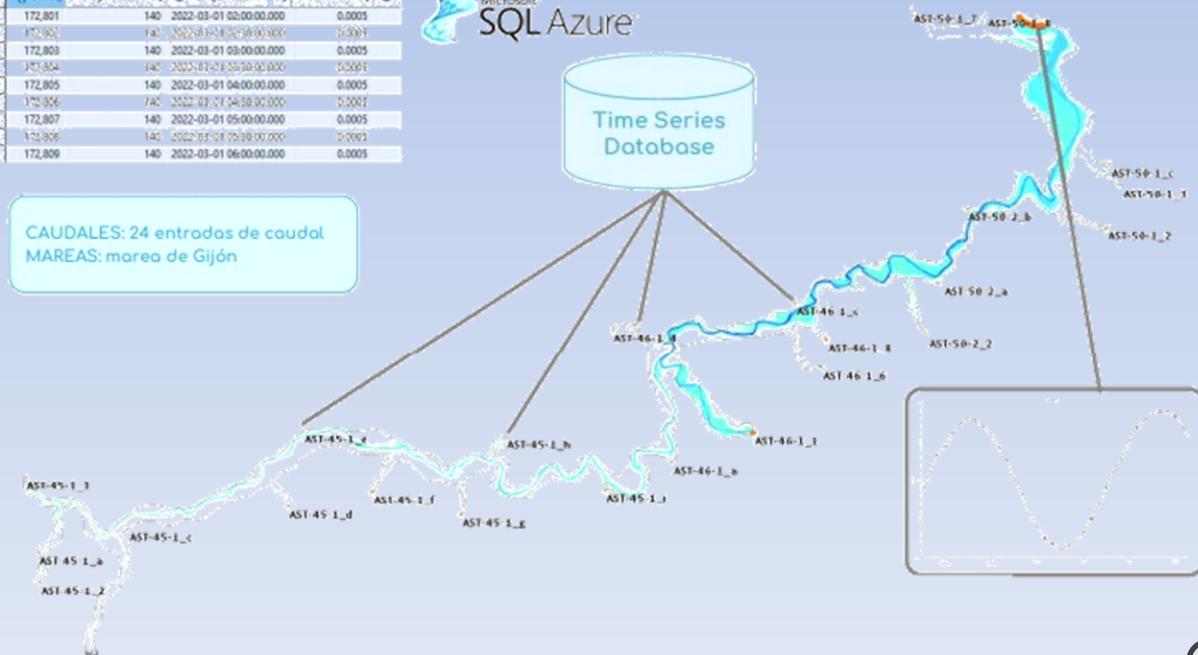
- Hidrología con TETIS.
- Condiciones de contorno:
  - Caudal en los puntos de entrada del tramo.
  - Nivel de marea (si procede)

Umbral de alerta:

- Caudales
- Niveles
- Calados

Caudal	id	id de entrada	hora_yife	caudal
329	172,801	140	2022-03-01 02:00:00.000	0.0005
330	172,801	140	2022-03-01 03:00:00.000	0.0004
331	172,803	140	2022-03-01 03:00:00.000	0.0005
332	172,804	140	2022-03-01 03:30:00.000	0.0005
333	172,805	140	2022-03-01 04:00:00.000	0.0005
334	172,806	140	2022-03-01 04:30:00.000	0.0007
335	172,807	140	2022-03-01 05:00:00.000	0.0005
336	172,808	140	2022-03-01 05:30:00.000	0.0003
337	172,809	140	2022-03-01 06:00:00.000	0.0005

INPUTS TSDB  
Microsoft SQL Azure

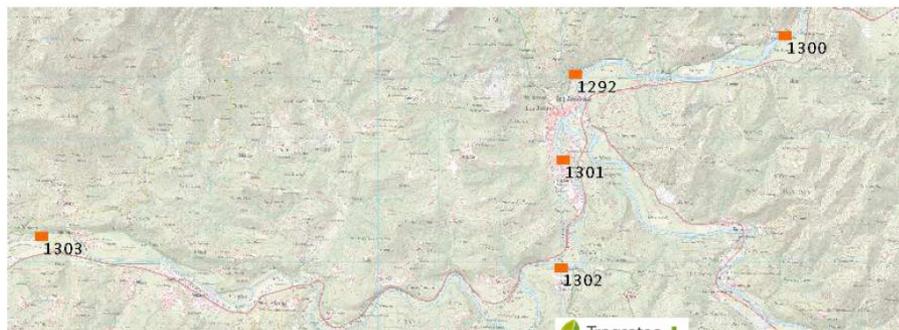


## GESTIÓN DE ALERTAS

Río	Cod_SAIH	Cod_ROEA	Ubicación	Cota (msnm)	NIVELES (msnm)			CALADOS (m)			CAUDALES (m3/s)		
					Amarillo	Naranja	Rojo	Amarillo	Naranja	Rojo	Amarillo	Naranja	Rojo
Selta	Q101	1292	Arriendas	28				4.3	5.3	6.3	438.03	629.29	884.88
Selta	A628	1300	Fuentes	14	18	19.5	21	4	5.5	7			
Piloña	A075	1301	Arriendas	26	28.8	29.5	30.4	2.8	3.5	4.4			
Piloña	A604	1302	Ozanes (Parres)	39				2	2.5	3.5	189.69	270.35	450
Piloña	A073	1303	Villamayor (Piloña)	95				4	4.5	5	255.7	322.3	394.91

UMBRALES DE ALERTA:

- NIVELES
- CALADOS
- CAUDALES



# Resultados del SAD

## Informe de avisos integral

- 3 fases: Meteorología, Hidrología e Hidráulica
- Observación y Pronóstico



### SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y AYUDA A LA DECISIÓN

ESTADO DE OBSERVACIONES Y PREVISIONES

Día 25-nov-22

Hora local 13 h

SISTEMAS	Meteorología						ESTACIONES	Hidrología						Hidráulica						
	Observación			Pronóstico				Umbral de caudal (m³/s)		Observación		Pronóstico		Umbral de nivel (m)			Observación		Pronóstico	
	Precipitación total (mm) acumulada en las últimas			Precipitación total (mm) acumulada en las próximas						Caudal máximo en las últimas 24 h		Caudal máximo en las próximas 48 h					Nivel máximo en las últimas 24 h		Nivel máximo en las próximas 48 h	
	24 h	12 h	1 h	12 h	24 h	48 h		Amarillo	Naranja	Rojo	Q <sub>max</sub> (m³/s)	hora	Q <sub>max</sub> (m³/s)	hora	Amarillo	Naranja	Rojo	Y <sub>max</sub> (m)	Y <sub>max</sub> (m)	hora
ESVA	24.5	14.3	0.6	11.0	21.5	37.3	1395 Treviás	125	177	232		24/11/2021 17:25	140	25/11/2021 15:00	2.0	2.5	3.0	1.925		25/11/2021 15:00
NARCEA	30.6	9.8	0.6	28.2	38.0	60.4	1354 La Barca	121	265	10000		25/11/2021 8:55	125	27/11/2021 11:30	3.6	5.1	50.0	2.957		27/11/2021 11:30
							1358 Pte. San Martín	42	110	288	86	24/11/2021 18:05	81	27/11/2021 9:00	1.5	1.9	2.4	1.796		27/11/2021 9:00
NALON	30.6	9.8	0.6	28.2	38.0	60.4	1360 Quinzanas	234	314	410	286	25/11/2021 1:45	222	27/11/2021 11:30	2.1	2.5	2.9	2.364		27/11/2021 11:30
							1335 El Condado	106	144	218	169	24/11/2021 22:05	154	27/11/2021 7:00	2.6	3.0	3.6	3.209		27/11/2021 7:00
							1339 Sama de Langreo	266	425	608	467	24/11/2021 20:00	217	27/11/2021 10:00	1.9	2.4	2.9	2.515		27/11/2021 10:00
							1342 Pola de Siero	36	55	71	55	24/11/2021 14:45	23	27/11/2021 7:00	2.0	2.8	3.5	2.81		27/11/2021 7:00
							1343 San Cucao	146	176	209	172	25/11/2021 0:10	74	25/11/2021 15:00	4.0	4.5	5.0	4.426		25/11/2021 15:00
							1344 La Fresneda	19	31	42	42	24/11/2021 18:15	1	25/11/2021 15:00	2.2	2.9	3.5	3.519		25/11/2021 15:00
							1363 Vega del Rey	83	134	231	148	24/11/2021 21:20	48	27/11/2021 10:30	1.5	1.9	2.5	1.996		27/11/2021 10:30
							1367 Argame	242	354	446	510	24/11/2021 20:30	245	27/11/2021 11:30	3.0	3.4	3.7	3.901		27/11/2021 11:30
							1368 Grullóns	547	640	1006	1000	25/11/2021 0:45	721	25/11/2021 15:00	4.2	4.6	6.0	5.979		25/11/2021 15:00
							1378 Grado	93	169	253	129	24/11/2021 17:10	60	25/11/2021 22:30	1.2	1.6	2.0	1.39		25/11/2021 22:30
NALON COSTA	30.6	9.8	0.6	28.2	38.0	60.4	1304 Salinas	5	7	10		24/11/2021 12:00	5	25/11/2021 15:00	1.6	1.8	2.2	1.041		25/11/2021 15:00
VILLAVICIOSA	28.6	11.7	0.6	9.0	19.1	31.2	1305 Villaviciosa	32	54	10000	59	24/11/2021 12:00	20	27/11/2021 10:00	1.5	1.9	2.3	2.121		27/11/2021 10:00
SELLA	43.5	11.4	1.0	30.6	42.5	73.4	1292 Arriondas	438	629	885			457	25/11/2021 23:30	4.3	5.3	6.3			25/11/2021 23:30
							1293 Pervis	108	176	326	440	24/11/2021 15:10	144	25/11/2021 21:00	2.2	2.6	3.5	4.022		25/11/2021 21:00
							1294 Cangas de Onís	63	89	163	167	24/11/2021 15:15	68	25/11/2021 22:30	1.8	2.2	3.1	3.139		25/11/2021 22:30
							1295 Cangas de Onís	175	238	350	654	24/11/2021 15:35	189	25/11/2021 22:30	4.0	4.5	5.3	6.894		25/11/2021 22:30
							1296 Sobrefoz	10	21	35	39	24/11/2021 15:25	13	27/11/2021 5:30	1.0	1.3	1.6	1.681		27/11/2021 5:30
							1302 Ozanes	190	270	450	435	24/11/2021 17:30	179	25/11/2021 21:00	2.0	2.5	3.5	3.432		25/11/2021 21:00
							1303 Villamayor	256	322	395	368	24/11/2021 12:00	131	25/11/2021 21:00	4.0	4.5	5.0	4.842		25/11/2021 21:00
LLANES	31.5	9.4	1.7	19.0	24.3	52.9	1285 Rales	46	75	111	135	24/11/2021 14:10	48	25/11/2021 22:30	1.4	1.8	2.2	2.427		25/11/2021 22:30
							1264 Ojedo	17	26	31	18	24/11/2021 12:30	98	25/11/2021 15:00	1.2	1.6	1.9	1.25		25/11/2021 15:00

- Caudal de entrada:
  - Pasado: observado en la red SAI o simulado en TETIS
  - Pronóstico: simulado en TETIS
- Operación del embalse:
  - Caudal máximo/mínimo aguas abajo
  - Definida por el operador

ALFILORIOS ESCALA



## ■ Cuencas afectadas en cada episodio

24-25  
Noviembre



28-29  
Noviembre



10-11  
Diciembre



# Evento noviembre-diciembre 2021. Pronósticos meteorológicos

Sistema	OBSERVADO				HARMONIE	
	P <sub>12h</sub>	P <sub>24h</sub>	P <sub>48h</sub>	Ptotal	Ptotal	SESGO
	mm	mm	mm	mm	mm	%
EO	34	47	64	265	230	-13.1
PORCIA	35	47	61	299	261	-12.8
NAVIA	23	44	65	227	281	23.6
ESVA	44	75	115	499	309	-38
NARCEA	32	40	66	307	408	32.9
NALON	46	63	89	419	450	7.3
NALON COSTEROS	25	36	58	299	242	-19.2
VILLAVICIOSA	40	66	99	466	334	-28.4
SELLA	79	116	149	582	604	3.8
LLANES	46	60	86	367	484	32
DEVA	77	113	150	566	689	21.7
NANSA	60	104	156	586	558	-4.7
GANDARILLA	82	104	140	526	382	-27.3
SAJA	40	72	114	500	550	9.9
PAS	56	96	145	558	541	-3
MIERA	46	74	117	542	450	-16.9
ASON	75	121	182	755	559	-26
AGÜERA	60	91	139	610	472	-22.6
NERVION	74	105	152	578	443	-23.4
ORIA	71	107	121	563	507	-9.9
URUMEA	74	103	114	462	537	16.2
BIDASOA	97	132	181	613	517	-15.7

## Observación

- 7 zonas hidrológicas superaron el umbral de Vigilancia-0 (amarillo)
- 11 zonas hidrológicas superaron el umbral de Vigilancia-1 (naranja)

## Pronóstico Harmonie

- En el 50% de los sistemas se obtuvo un sesgo mayor del 20% entre observado y pronosticado

Normalidad 1	25-35	40-50	60-90	>20	No Aceptable
Vigilancia 0	35-50	50-90	90-150	10-20	Aceptable
Vigilancia 1	>=50	>=90	>=150	<10	Bueno

## Evento noviembre-diciembre 2021. Pronósticos hidrológicos

Valoración en base al índice de Nash y calibración "C":

- 21 estaciones con índices aceptables

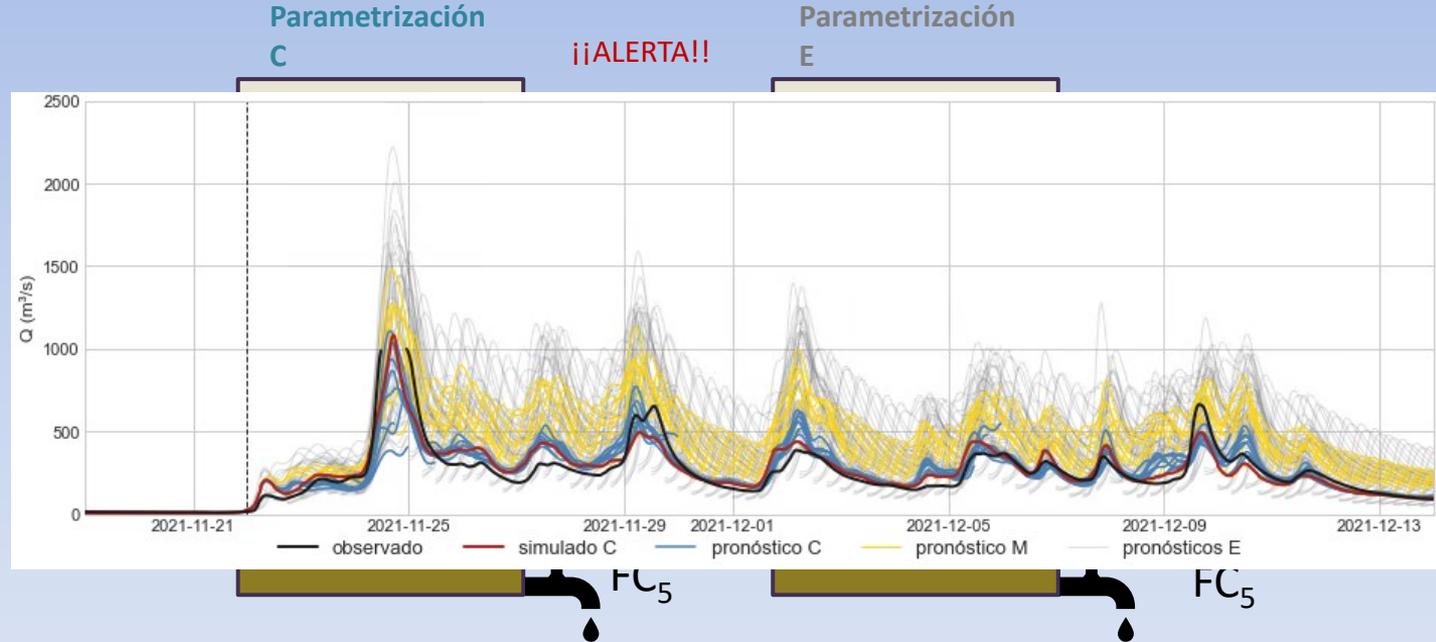
- 18 estaciones con índices no aceptables por (¿?) por:

- Calibración
- Datos de entrada
- Curvas de gasto
- Situación estación
- Embalses
- Cuencas kársticas
- ...

Cuenca	Estación	Ubicación	caudal observado		meteorología observada	
			Q <sub>p</sub>	Fallos	NSE	ERROR <sub>Qp</sub>
			m <sup>3</sup> /s	%	-	%
PORCIA	1414	Río Porcia en Sueiro	42	0.0	0.59	-36
ESVA	1395	Río Esva en Treviás	168	0.0	-1.07	33
NALON	1353	Río Narcea en Corias	186	0.0	0.58	-43
	1359	Río Narcea en Requejo	416	0.5	0.36	-26
	1360	Río Narcea en Quinzanas	435	0.6	0.66	-25
	1335	Río Nalón en El Condado	169	2.6	-1.19	125
	1339	Río Nalón en Sama de Langreo	445	0.0	-0.48	-2
	1363	Río Lena en Vega del Rey	144	13.2	0.42	-44
	1367	Río Caudal en Argame	480	0.0	0.33	-26
	1368	Río Nalón en Grullas	998	0.6	0.61	30
VILLAVICIOSA	1305	Río Linares en Villaviciosa	59	0.9	0.78	-19
SELLA	1292	Río Sella en Arriendas	998	2.1	0.76	-25
	1293	Río Sella en Pervis	437	0.0	0.77	0
	1294	Río Gúeña en Cangas de Onís	165	0.0	0.89	-21
	1295	Río Sella en Cangas de Onís	653	0.0	0.72	-16
	1296	Río Ponga en Sobrefoz	39	0.0	-0.07	90
	1302	Río Piloña en Ozanes	434	0.0	0.87	-28
	1303	Río Piloña en Villamayor	367	0.0	0.79	-37
LLANES	1285	Río Bedón en Rales	132	0.0	0.63	-58
DEVA	1264	Río Bullón en Ojedo	21	0.0	-162.83	495
	1265	Río Deva en Ojedo	75	0.0	-5.13	67
	1268	Río Deva en Puentelles	322	0.0	0.39	-37
	1269	Río Deva en Panes	926	0.8	0.42	-49
	1276	Río Cares en Mier	385	0.0	-0.02	-28
GANDARILLA	1262	Río Escudo en Roiz	74	0.0	-1.15	-100
SAJA	1237	Río Besaya en Puente de Torres	579	0.0	0.03	-68
	1244	Río Besaya en Arenas de Iguña	237	0.0	-0.08	-58
PAS-MIERA	1216	Río Pas en Carandía	180	28.3	-0.69	-30
ASON	1196	Río Asón en Coterillo	865	0.1	0.89	2
	1201	Río Asón en Ramales	399	0.0	-0.14	81
AGÜERA	1186	Río Agüera en Guriezo	220	0.0	0.68	-30
NERVION	1163	Río Ibaizabal en Lemoa	285	0.0	0.78	-26
	1164	Río Arratia en Lemoa	248	0.0	0.22	-54
	1165	Río Nervión en Arrigorriaga	381	31.7	-0.48	0
	1178	Río Cadagua en Alonsotegi	378	0.0	-0.77	11
ORIA	1080	Río Oría en Andoain	599	38.6	0.86	-24
URUMEA	1105	Río Urumea en Ereñozu	232	3.6	0.54	-32
BIDASOA	1100	Río Bidasoa en Legasa	368	0.0	0.79	-28
	1106	Río Bidasoa en Endarlatsa	1061	3.6	0.72	-42

# Evento noviembre-diciembre 2021

## ■ Problemática en la simulación probabilista



## Hitos Alcanzados

1. Implantación de un **Sistema de Ayuda a la Decisión** y Alerta temprana en modo operacional **24x7**
2. **Incorporación de datos de otras administraciones** (CHE, G. Navarra, DFG)
3. Generación de informes automáticos con **observaciones meteorológicas**
4. Generación de informes y avisos automáticos por **pronósticos meteorológicos**
5. Desarrollo e implementación de **modelos hidrológicos** para el **pronóstico de caudales** en tiempo real (TETIS)
6. Generación de avisos automáticos por **superación de niveles**
7. Revisión y adaptación de **modelos hidráulicos 2D**
8. Instalación de **red de cámaras** para el seguimiento de avenidas en tiempo real y contrastes de niveles en remoto
9. Creación de una **biblioteca de avenidas** (calados y velocidades) para diferentes periodos de retorno
10. Implementación de modelos hidraulicos 2D para el **pronóstico de calados** en tiempo real ( Infoworks LIVE) en dos **cuencas piloto** (Nalón y Sella)
11. Generación de un módulo de **gestión de embalses** (Hec -ResSim)
12. Creación de un **nuevo informe de avisos integral** con las observaciones y pronósticos meteorológicos, hidrológicos e hidráulicos
13. Creación de la **web SAI** como herramienta de difusión de la información y repositorio de aplicaciones informáticas

# Futuros Desarrollos

1. Formación de un equipo especialista en SAD (hidráulica, hidrología, estadística, ...) dentro de CHC
2. Ampliación y mejora de los servicios virtuales en la nube e integración de máquinas físicas
3. Informes post evento, valoración de calibraciones y estrategias de mejora
4. Desarrollo de informes/avisos por situación de sequía con caudales observados y/o pronósticos con modelos climáticos
5. Desarrollo de nuevos informes/avisos por calidad de las aguas, niveles piezométricos, aportaciones a embalses, incumplimientos concesionales, recursos nivales ...
6. Difusión de la información a la población a través de la web SAI, paneles informativos, etc.
7. Incorporación de datos de otros organismos o interesados (CHMS, CHD, concesionarios, autonomías,...)
8. Teledetección (satélites, drones)
9. Incorporación del modelo determinista de alta resolución ECMWF
10. Incorporación del modelo probabilista ECMWF
11. Generación de nuevos informes/avisos e integración en la web SAI
12. Validación del modelo de nieve con imágenes satélites, nivómetros. Generación de informe semanal con recursos nivales
13. Mejora del modelo determinista TETIS (Harmonie y ECMWF)
14. Incorporación nuevo modelo probabilístico TETIS (ECMWF)
15. Corrección del sesgo y/o asimilación de datos
16. Campañas de aforos para completar los tramos bajos-medios de las nuevas Curvas de Gasto
17. Generación de modelos hidráulicos 2D de los 40 ARPSIs de la DH Oriental que quedan por revisar (Hec-RAS 1D y GUAD 2D)
18. Incorporar todos los modelos al SAD en modo operacional (Infoworks LIVE)
19. Validación con eventos históricos (satélites y drones)
20. Generación de batimetrías y modelización de la rama alta de las nuevas CG