

SISTEMA DE ALERTA ANTE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE DURAZNO

Ciclo de Seminarios IMFIA 2011



PROYECTO PROHIMET
OMM-FJR

Instituto de Mecánica de los Fluidos
e Ingeniería Ambiental (IMFIA)



20 JULIO 2011

EJECUCIÓN DEL PROYECTO

- **2ª Etapa:** Setiembre 2010 - Marzo 2011
 - **Dirección:** IMFIA - Facultad de Ingeniería. Co-participa: ITU - Facultad de Arquitectura - UDELAR
 - **Red:** PROHIMET (Red Iberoamericana para el monitoreo y pronóstico de fenómenos hidrometeorológicos)
 - **Financiación:** OMM
 - **Coparticipación:** DINAGUA, DNM, MGAP, UTE, SINAIE
 - **Institución beneficiaria:** ID Durazno, CECOED - Durazno
-

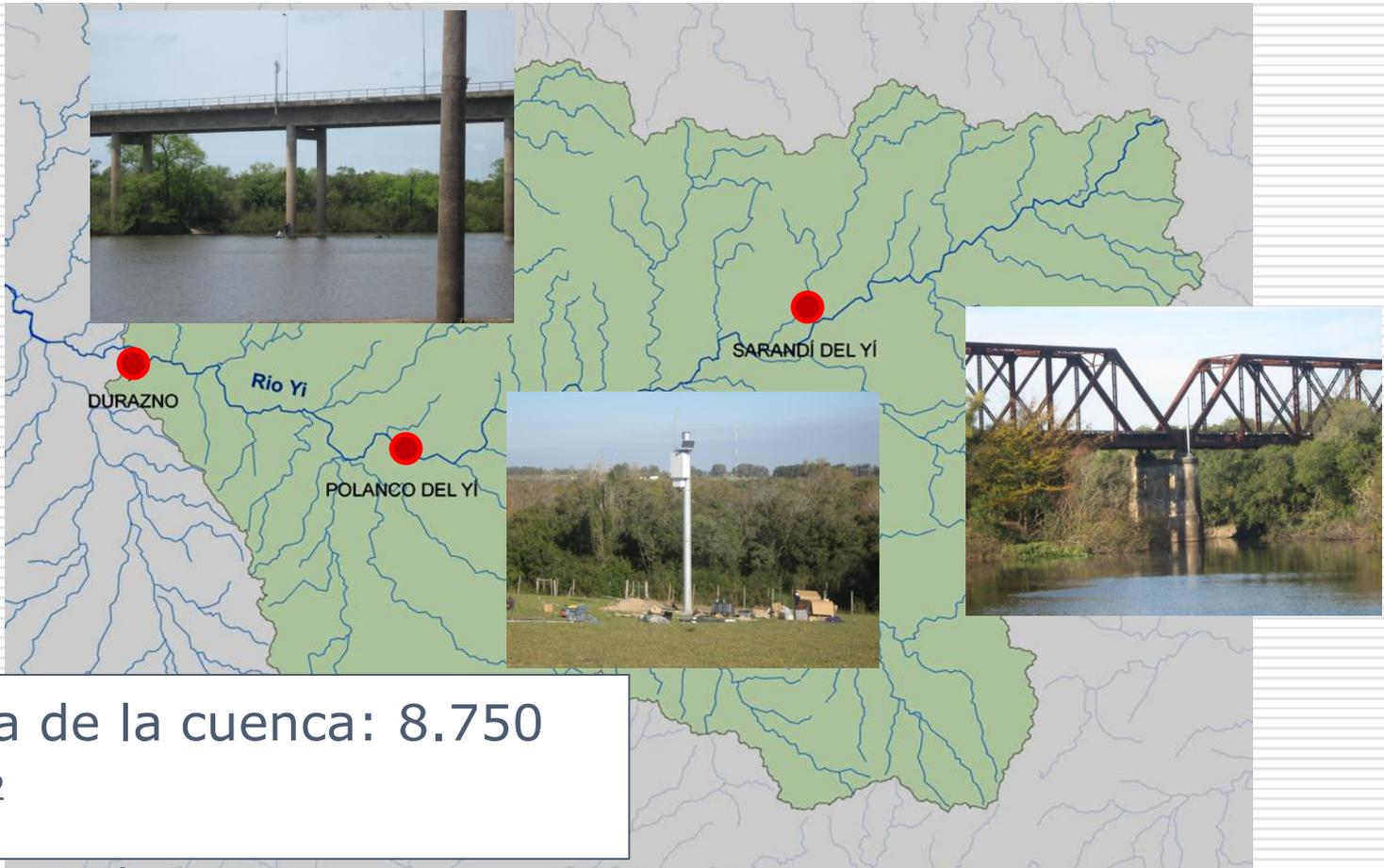
INTRODUCCIÓN

Ciudad de Durazno:

- Población : 33.576 hab.
- Inundaciones frecuentes generadas por las crecidas del río Yí



INTRODUCCIÓN



- Área de la cuenca: 8.750 km²

- $T_c = 54$ hs

INTRODUCCIÓN



Tormentas Mayo 2007 y Febrero 2010:

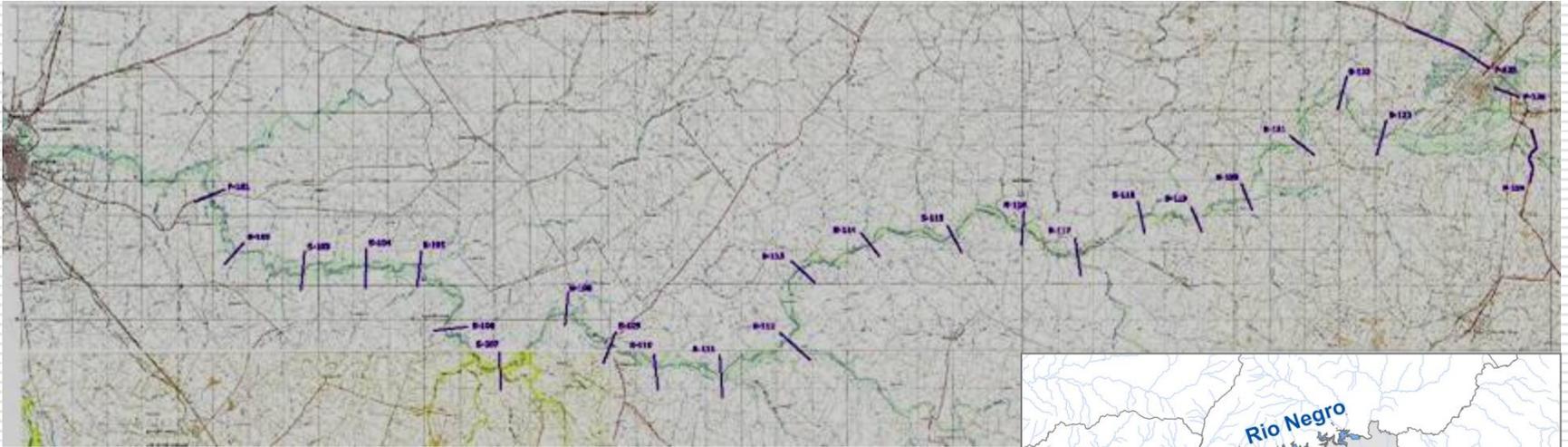
5.500 a 6.000 evacuados

ACTIVIDADES REALIZADAS – ETAPA 2

1. Relevamiento de secciones del río Yí
 2. Curvas IDF de la ciudad de Durazno
 3. Elaboración de un SIG
 4. Modelación hidrológica - hidrodinámica
 5. Evento 16 a 18 de Julio 2011
 6. Etapa 3: Modelo de alerta temprana
-

1

RELEVAMIENTO DE SECCIONES DEL RIO YÍ



25 secciones en un tramo de 80 km,
equidistantes entre si,
aproximadamente cada 2.5 a 3 km.



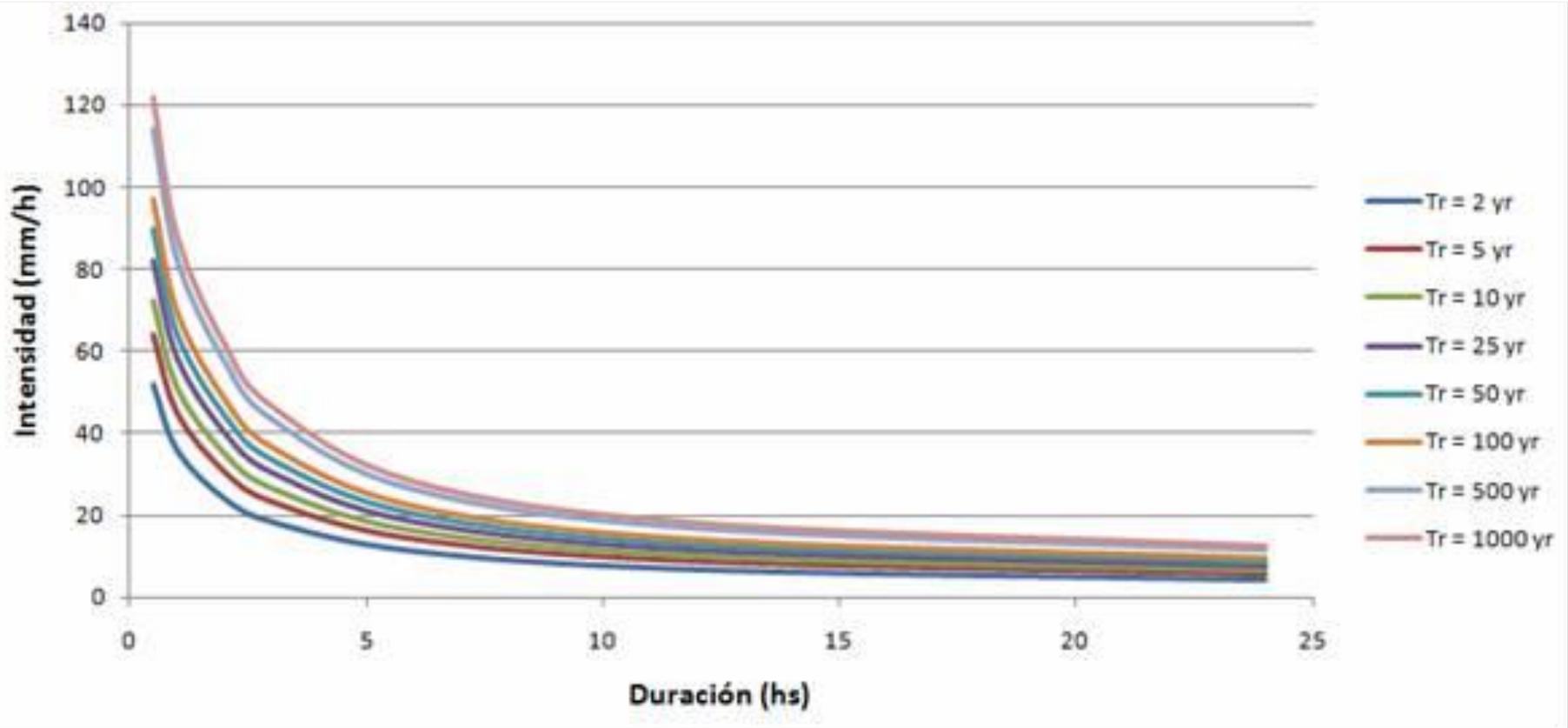
ACTIVIDADES REALIZADAS – ETAPA 2

1. Relevamiento de secciones del río Yi
 2. Curvas IDF de la ciudad de Durazno
 3. Elaboración de un SIG
 4. Modelación hidrológica - hidrodinámica
 5. Evento 16 a 18 de Julio 2011
 6. Etapa 3: Modelo de alerta temprana
-

2

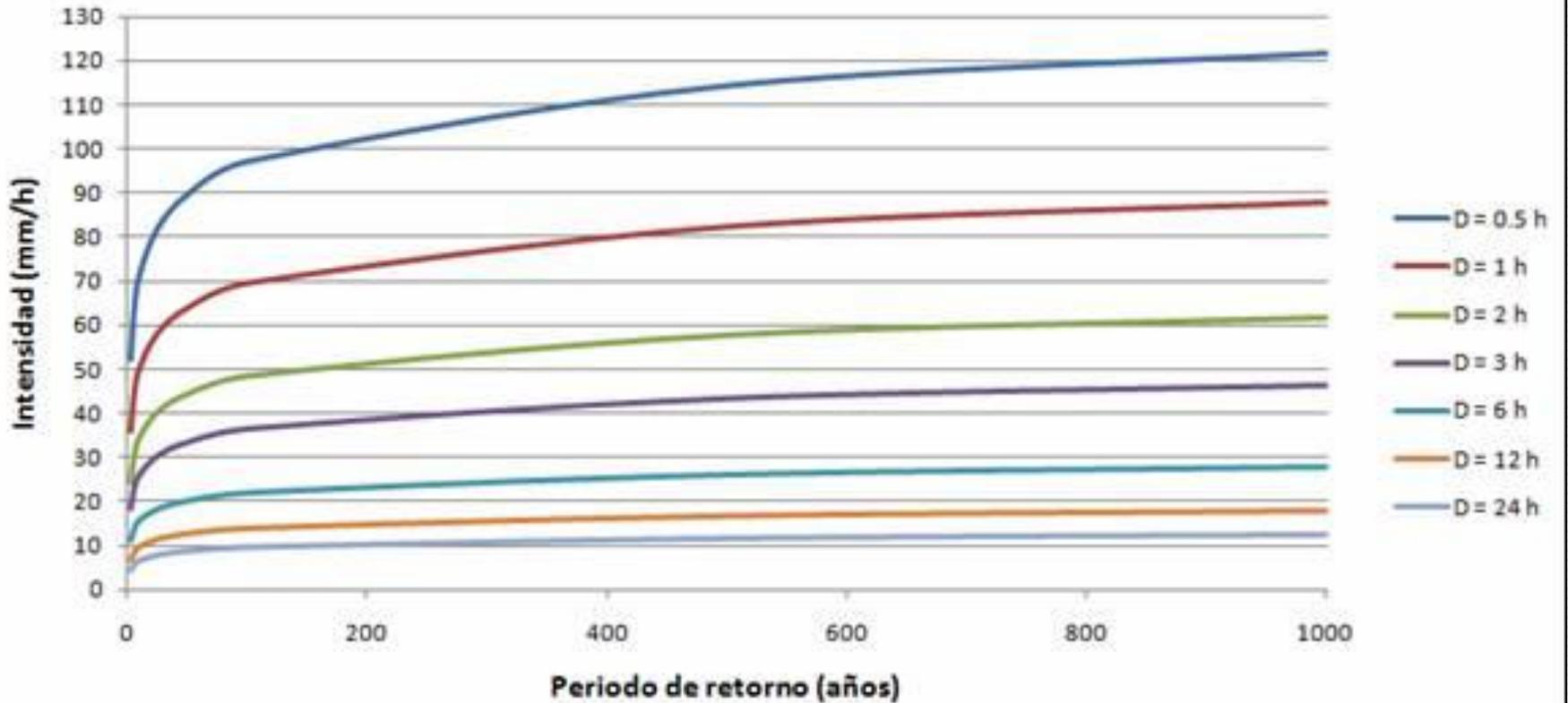
CURVAS IDF DE LA CIUDAD DE DURAZNO

a) parametrizadas en el período de retorno



2 CURVAS IDF DE LA CIUDAD DE DURAZNO

b) parametrizadas en la duración



ACTIVIDADES REALIZADAS – ETAPA 2

1. Relevamiento de secciones del río Yi
 2. Curvas IDF de la ciudad de Durazno
 3. Elaboración de un SIG
 4. Modelación hidrológica - hidrodinámica
 5. Evento 16 a 18 de Julio 2011
 6. Etapa 3: Modelo de alerta temprana
-

4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

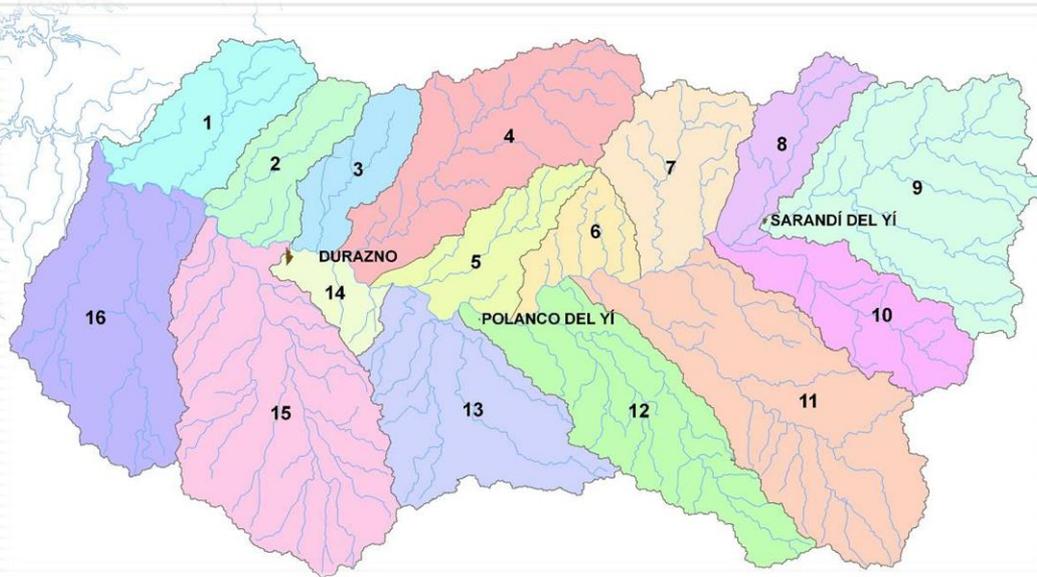
Estructura del modelo

3. Calibración Modelo Hidrológico- Hidrodinámico del río Yí entre Sarandí del Yí y Paso del Bote



MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

División en subcuencas



Cuenca	Área (km ²)	Tc (hs)
1	558	15.4
2	410	15.2
3	336	15.0
4	1072	29.8
5	433	15.1
6	280	4.8
7	601	19.3
8	397	16.2
9	1377	19.6
10	611	16.9
11	1557	24.6
12	1051	23.7
13	967	17.9
14	187	4.2
15	1683	23.8
16	1168	19.6

4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Datos de entrada y parámetros del **modelo hidrológico**

PROCESOS HIDROLÓGICOS CONSIDERADOS:

Infiltración (Número de Curva - NRCS)

Transformación (Hidrograma Unitario Triangular - NRCS)

DATOS:

Precipitación incidente en la cuenca

PARÁMETROS:

Tiempo de concentración

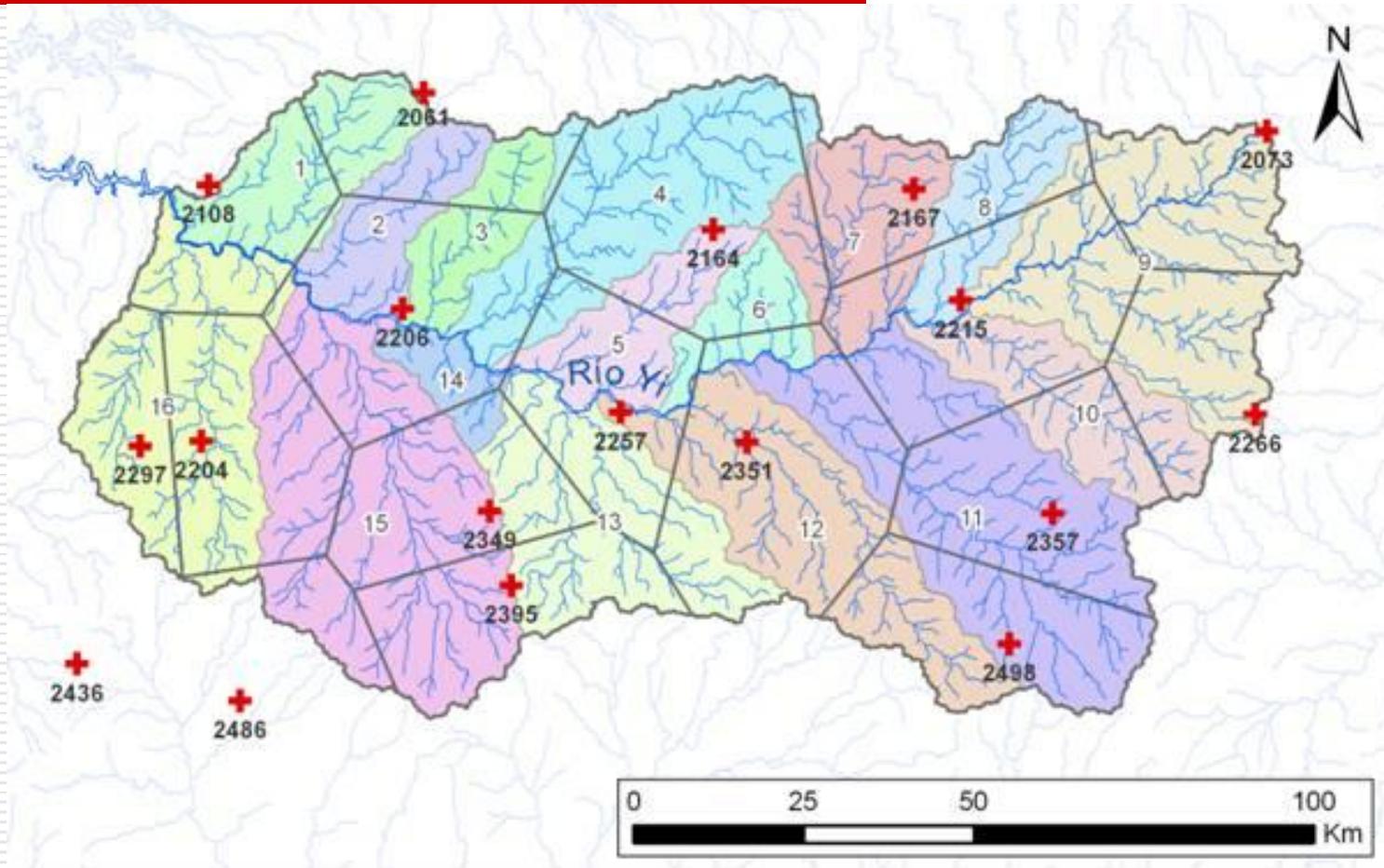
Número de Curva (NC-Ia)

4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Modelo Hidrológico

DATOS: Precipitación incidente en la cuenca



4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Modelo Hidrológico

PARÁMETROS: Tc según Kirpich

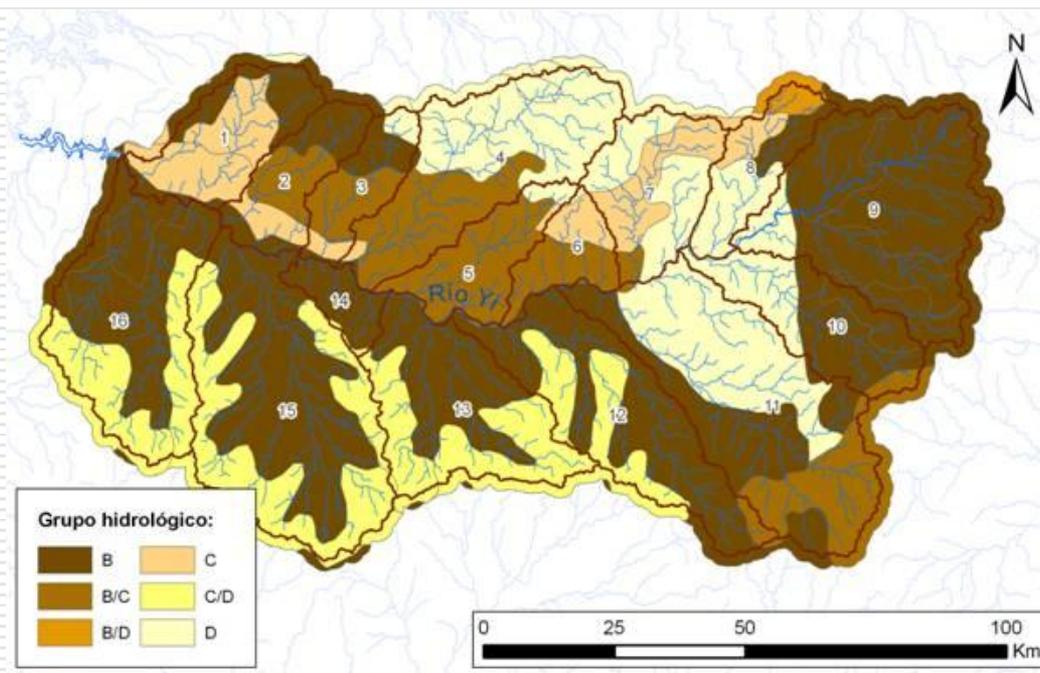
Cuenca	Área (km ²)	L hidráulica (km)	Pendiente (%)	Tc (hs)
1	558	47.3	0.17	15.4
2	410	47.3	0.18	15.2
3	336	41.9	0.14	15.0
4	1072	87.0	0.10	29.8
5	433	48.9	0.19	15.1
6	280	14.7	0.34	4.8
7	601	53.2	0.12	19.3
8	397	52.7	0.19	16.2
9	1377	76.6	0.24	19.6
10	611	65.4	0.26	16.9
11	1557	89.1	0.18	24.6
12	1051	86.4	0.19	23.7
13	967	57.8	0.17	17.9
14	187	13.1	0.38	4.2
15	1683	76.6	0.14	23.8
16	1168	65.3	0.17	19.6

4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Modelo Hidrológico

PARÁMETROS: NC (condición II - media)



Cuenca	NC Ponderado
1	79.0
2	70.8
3	71.7
4	79.7
5	69.9
6	69.5
7	84.5
8	79.3
9	69.0
10	79.0
11	78.7
12	70.4
13	71.7
14	70.8
15	71.7
16	70.8

4 MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Datos de entrada y parámetros del modelo hidrodinámico

DATOS:

Geometría

Condiciones de borde:

-Aguas abajo: Niveles en la estación 54.0 P° del Bote

-Aguas arriba: Hidrogramas de cada subcuenca

PARÁMETROS:

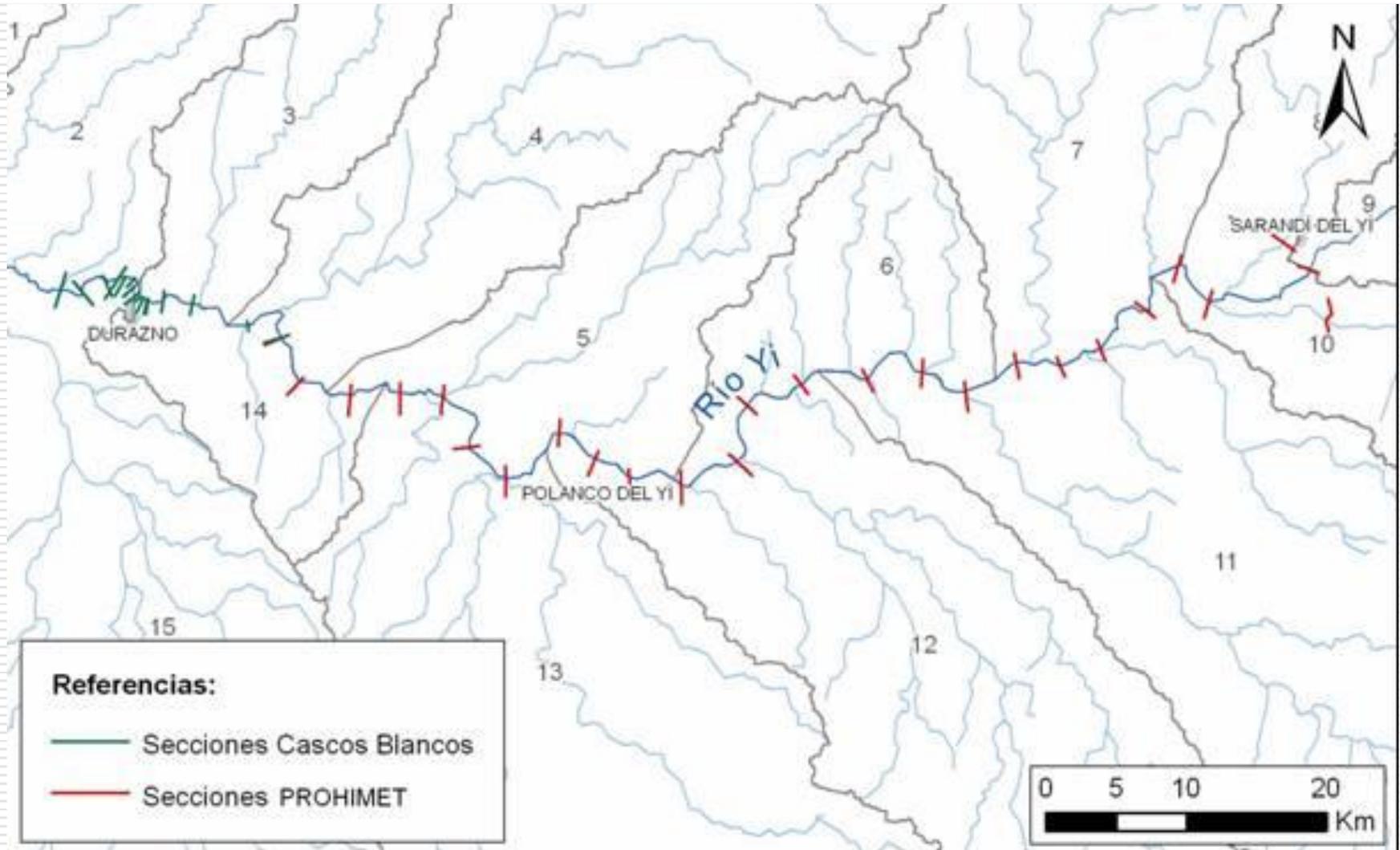
Coeficiente de rugosidad de Manning, en el cauce y en la planicie de inundación del río.

4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Modelo hidrodinámico

DATOS: Geometría



4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Calibración y validación

CALIBRACIÓN:

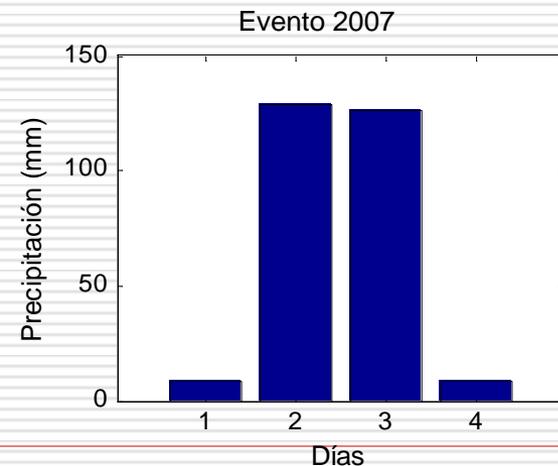
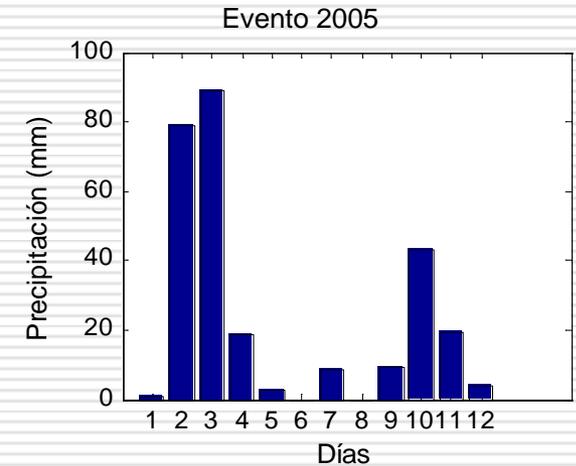
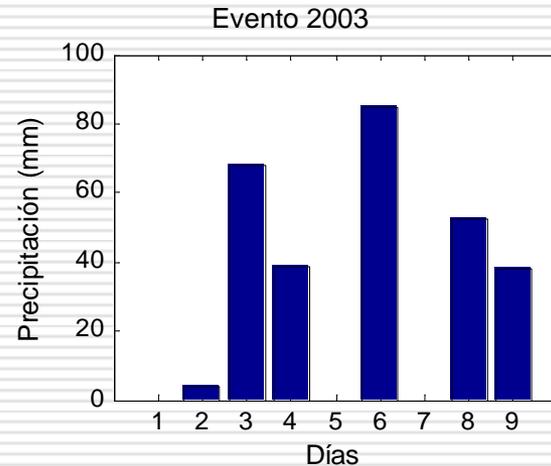
1: 16 al 23/5/2003

2: 3 al 14/6/2005

3: 4 al 7/5/2007

VALIDACIÓN:

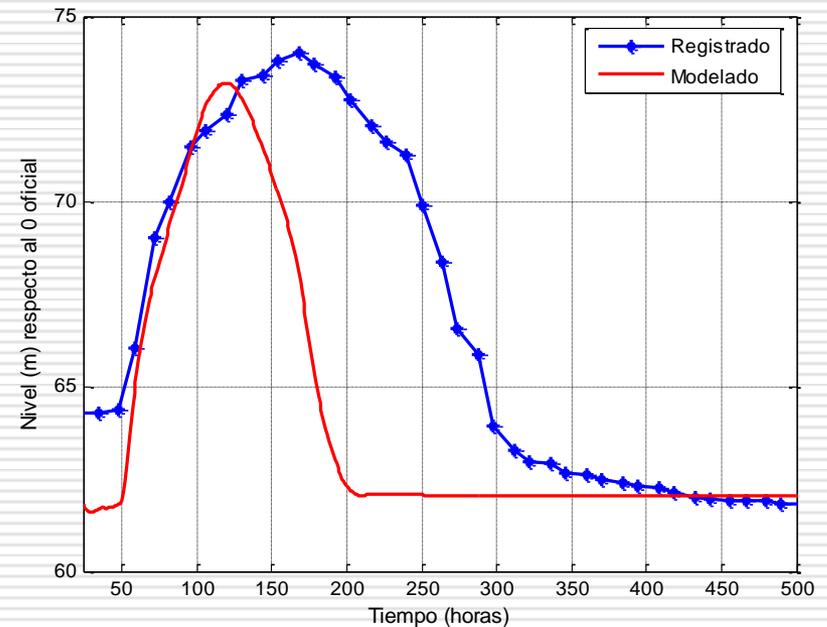
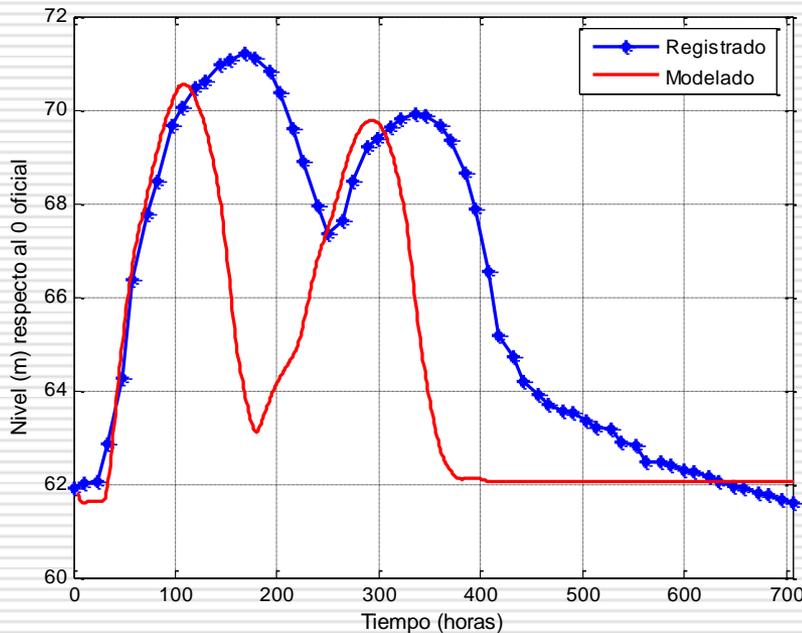
4: 1 al 8/2/2010



MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Calibración

ETAPA 1: Ajuste del número de Manning (2005 y 2007)



Diferencias de cotas entre los niveles máximos registrados y modelados

Evento 2003	Evento 2005		Evento 2007
0.58 m	0.66 m	0.14 m	0.81 m

4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Calibración

ETAPA 2: Ajuste de T_c y NC (NRCS)

$$T_c = \frac{3.42}{60} L^{0.8} \left(\frac{1000}{NC - 9} \right)^{0.7} S^{-0.5}$$

T_c : Tiempo de concentración (horas)

L: Longitud hidráulica de la cuenca, mayor trayectoria de flujo (km)

NC: Número de curva

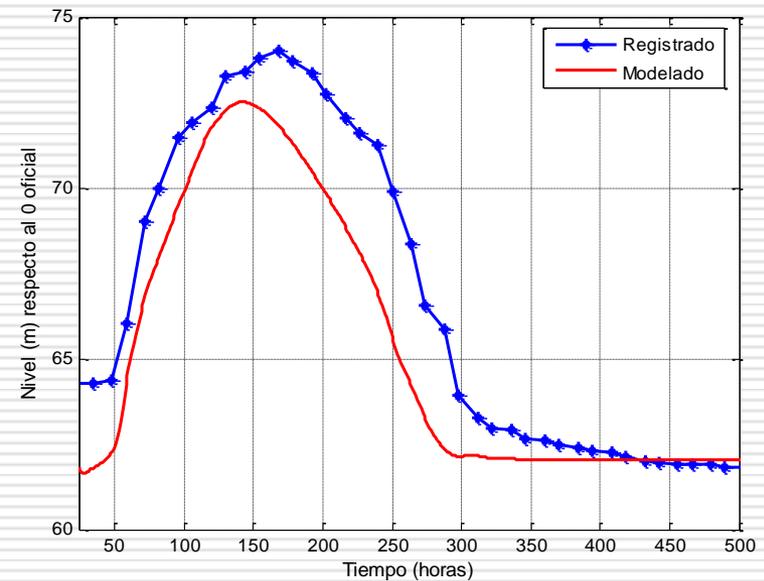
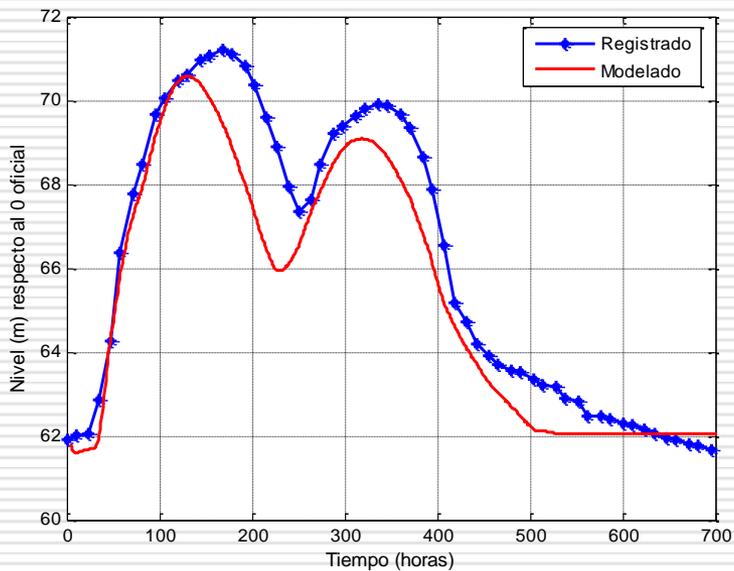
S: Pendiente media del cauce principal (m/km)

$CN_{(II)} = 1.2 * CN_{(II \text{ NRCS})}$ homogéneo en todas sub-cuencas.

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Calibración

ETAPA 2: Ajuste de T_c y NC (2005 y 2007)



Diferencias de cotas entre los niveles máximos registrados y modelados

Evento 2003	Evento 2005		Evento 2007
1.02 m	0.63 m	0.82 m	1.50 m

4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Calibración

ETAPA 3: Corrección de $P_{\text{incidente}}$ en función de la velocidad del viento

$$P_{\text{corregida}} = P \left(1 + \frac{(-0.076441 v^2 + 2.828121 v + 0.031469)}{100} \right)$$

$P_{\text{corregida}}$: Precipitación diaria (mm) corregida por viento

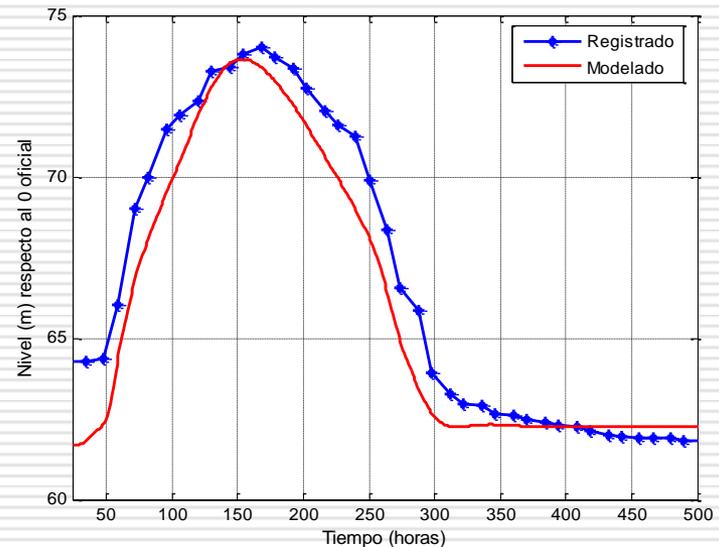
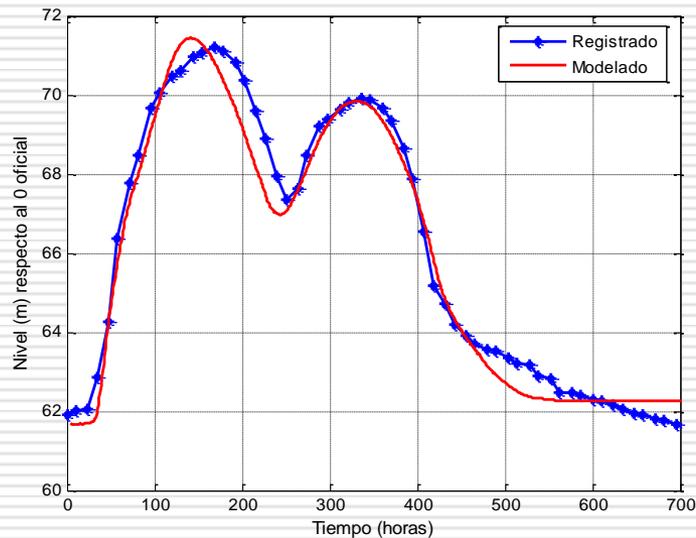
P : Precipitación diaria (mm) registrada en los pluviómetros

v : Velocidad del viento (m/s) registrada en la EM de Durazno

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Calibración

ETAPA 3: Corrección de $P_{\text{incidente}}$ en función de la velocidad del viento (2005 y 2007)



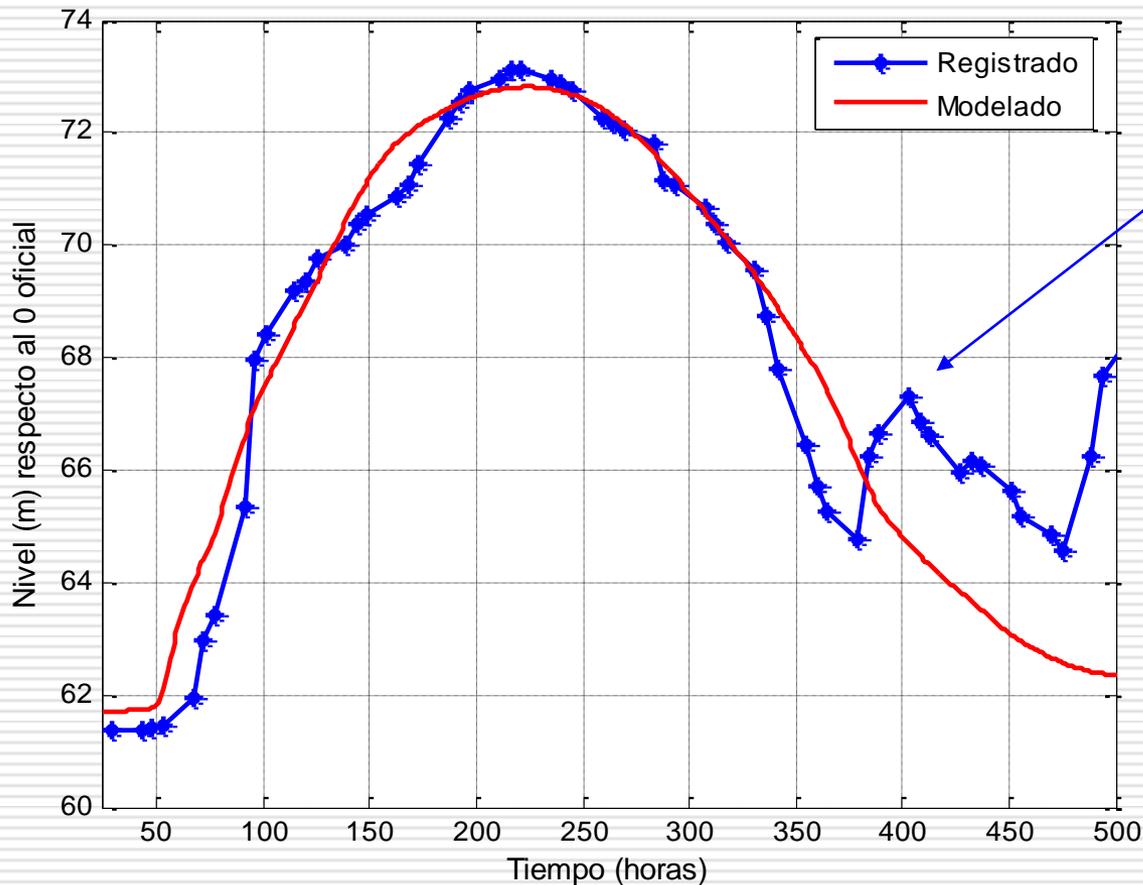
Diferencias de cotas entre los niveles máximos registrados y modelados

Evento 2003	Evento 2005		Evento 2007
0.03 m	-0.23 m	0.07 m	0.37 m

4

MODELACIÓN HIDROLÓGICA-HIDRODINÁMICA

Validación



Falta de datos de lluvia, solo se modelo el evento generador de Hmax

Evento 2010

0.32 m

ACTIVIDADES REALIZADAS – ETAPA 2

1. Relevamiento de secciones del río Yi
 2. Curvas IDF de la ciudad de Durazno
 3. Elaboración de un SIG
 4. Modelación hidrológica - hidrodinámica
 5. Evento 16 a 18 de Julio 2011
 6. Etapa 3: Modelo de alerta temprana
-

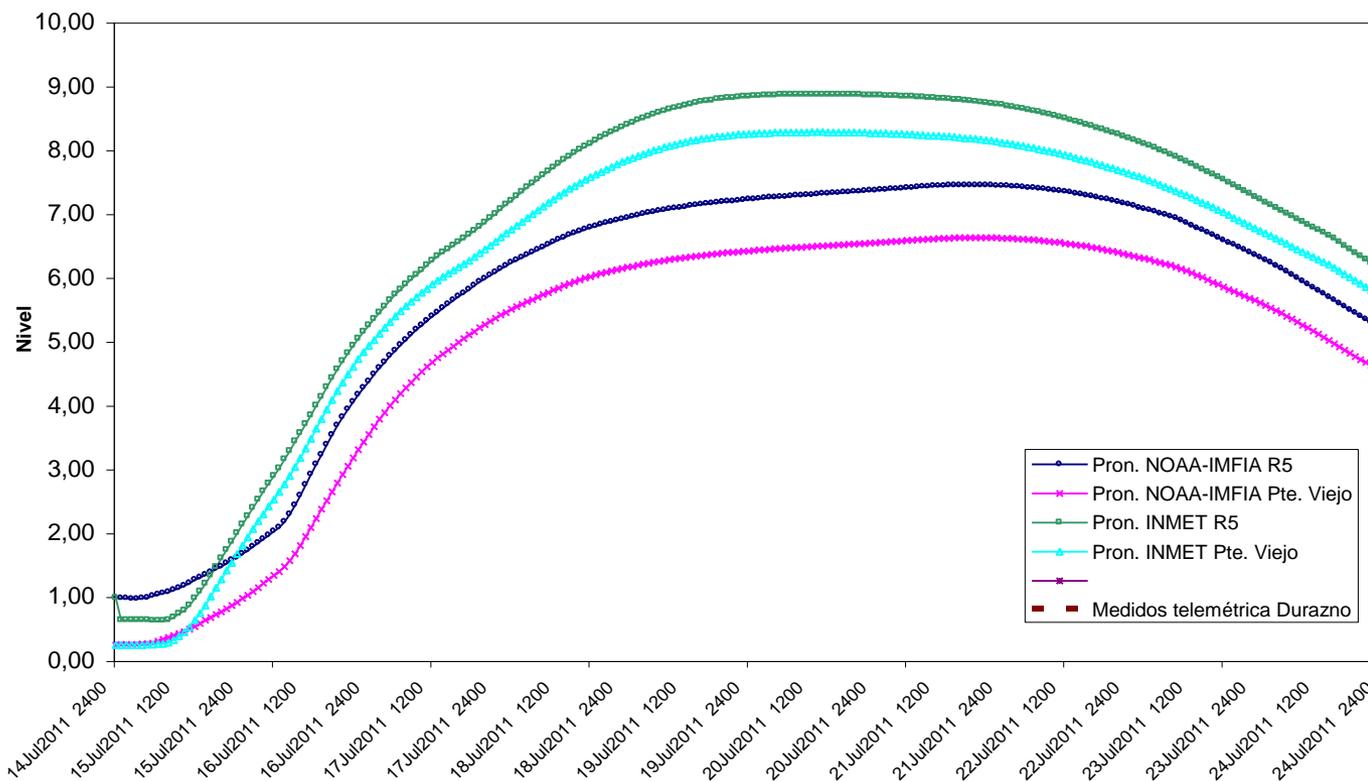
EVENTO 16 a 18 JULIO 2011

Experiencia de Operación en Tiempo Real

Viernes 15

Modelación en base a pronósticos de NOAA e INMET: Máximo 6,6 m (NOAA-IMFIA) a 8,3 m (INMET).

Modelación Pronstico nivel crecida Julio de 2011



EVENTO 16 a 18 JULIO 2011

Experiencia de Operación en Tiempo Real

Martes 19

EL PAIS

Ciudades Martes 19 de julio de 2011

Casi 40 personas evacuadas en tres departamentos por crecidas de ríos

Durazno, Treinta y Tres y Canelones afectados por lluvias

CORRESPONSALES

Un total de 37 personas -13 mayores y 24 menores- debieron ser evacuadas entre el sábado y ayer en los departamentos de Durazno, Canelones y Treinta y Tres, debido a la crecida de ríos.

En **Durazno, después de dos días de rápido ascenso, el río Yi** se estabilizó ayer de mañana y ya por la tarde comenzó un lento descenso, dando un respiro a la situación generada en Durazno, que registra a un total de

16 evacuados.

Ante la situación, el comité de emergencia derivó a carpas y a la casona del Complejo Deportivo Municipal a los damnificados, donde se les brindó un refugio, comida y atención médica.

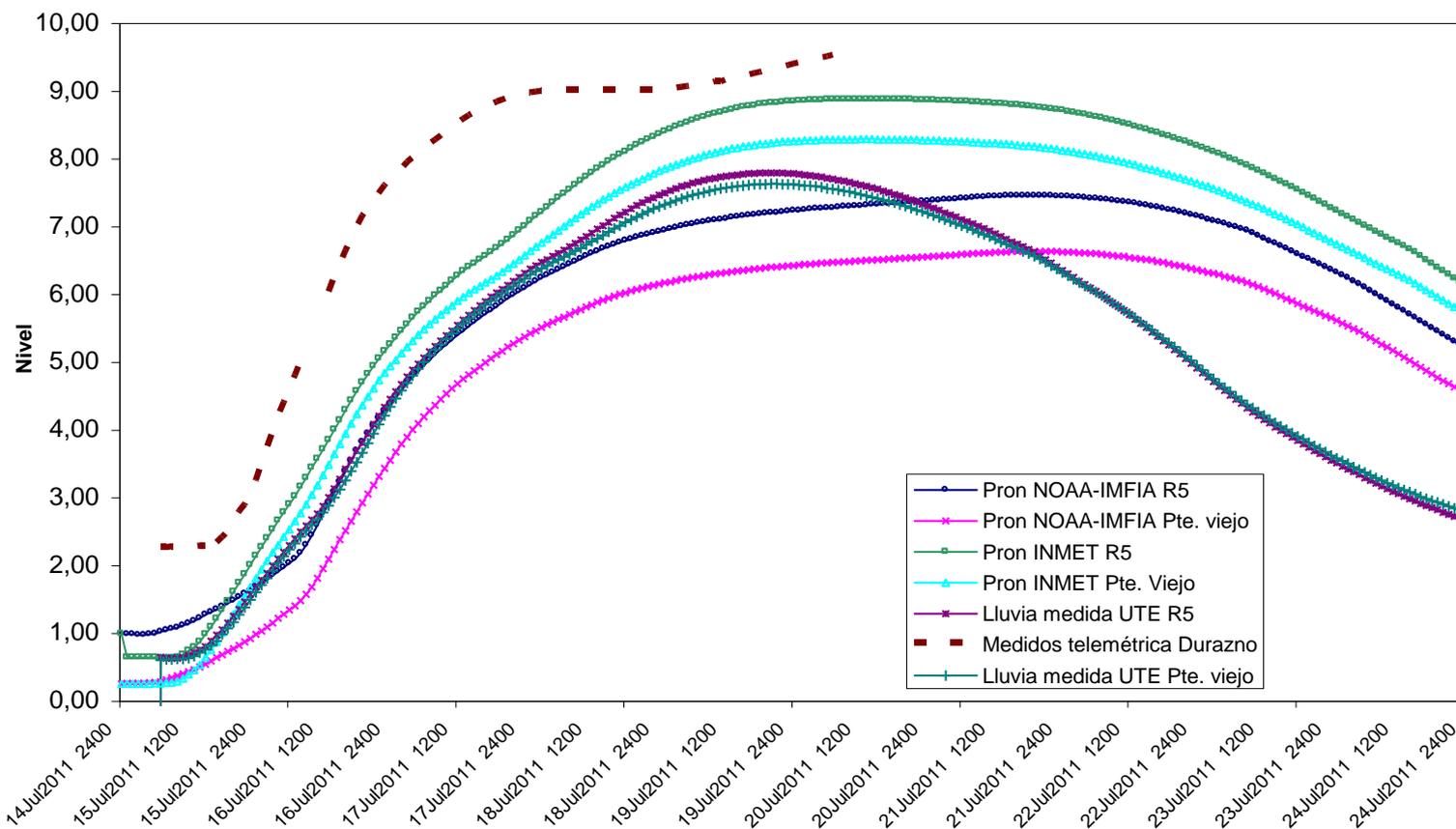
El río descendía ayer 5 centímetros por hora, aunque algunos lugares de la capital continúan desbordados. Tanto en Sarandí del Yi como en la ruta 6 a la altura del kilómetro 200, la inundación dejó aislada a esa ciudad.

EVENTO 16 a 18 JULIO 2011

Experiencia de Operación en Tiempo Real

Miércoles 20

Modelación Pronóstico nivel crecida Julio de 2011



ACTIVIDADES REALIZADAS – ETAPA 2

1. Relevamiento de secciones del río Yi
 2. Curvas IDF de la ciudad de Durazno
 3. Elaboración de un SIG
 4. Modelación hidrológica - hidrodinámica
 5. Evento 16 a 18 de Julio 2011
 6. Etapa 3: Modelo de alerta temprana
-

6. ETAPA 3: MODELO DE ALERTA TEMPRANA

6.1 MODELOS SIMPLES

- Cascos Blancos
- Hietogramas adimensionales
- Pronósticos de precipitación

6.2 MODELO HIDROLÓGICO-HIDRODINÁMICO

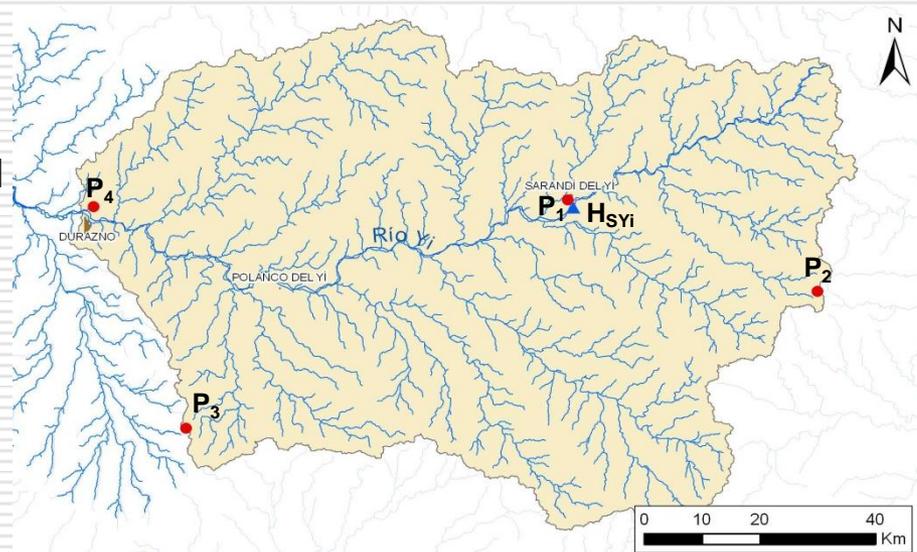
6.1 MODELOS SIMPLES

Cascos Blancos

- Regresión entre mediciones actuales de nivel y de precipitación **para previsión de niveles máximos**

en Durazno: $H_D = \alpha_1 * H_{SYi}^{\beta_1} + \alpha_2 * P_1^{\beta_2} + \alpha_3 * P_2^{\beta_3} + \alpha_4 * P_3^{\beta_4} + \alpha_5 * P_4^{\beta_5}$

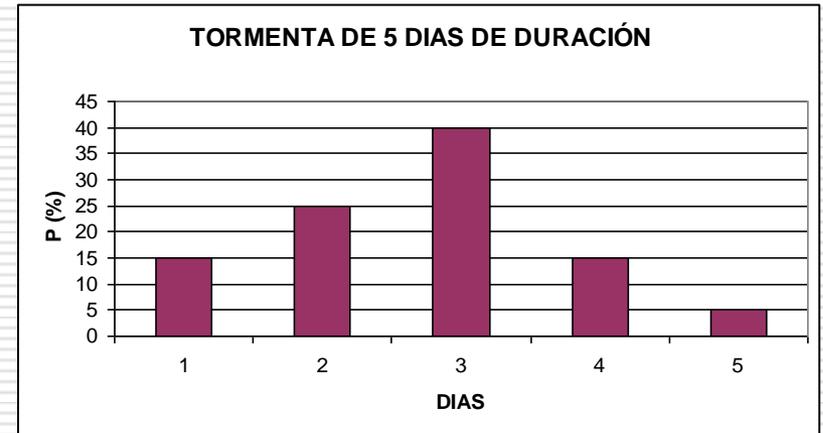
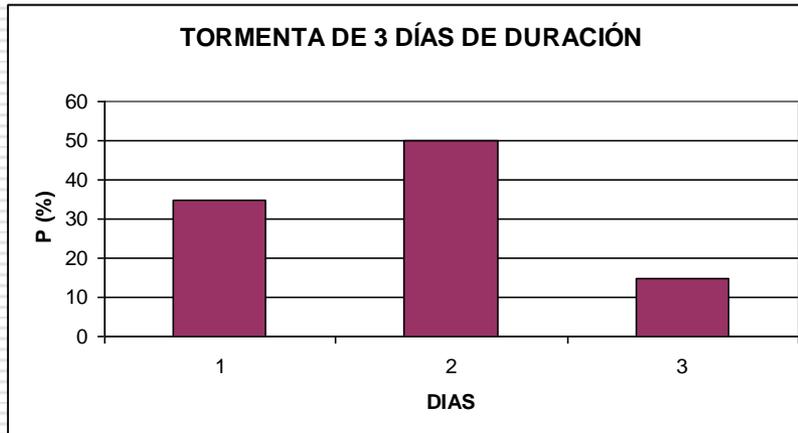
H_D	altura de la regla de Durazno
H_{SYi}	altura de la regla de Sarandí del
P_1	registro del pluviómetro 2215
P_2	registro del pluviómetro 2266
P_3	registro del pluviómetro 2395
P_4	registro del pluviómetro 2206



6.1 MODELOS SIMPLES

Hietograma adimensional

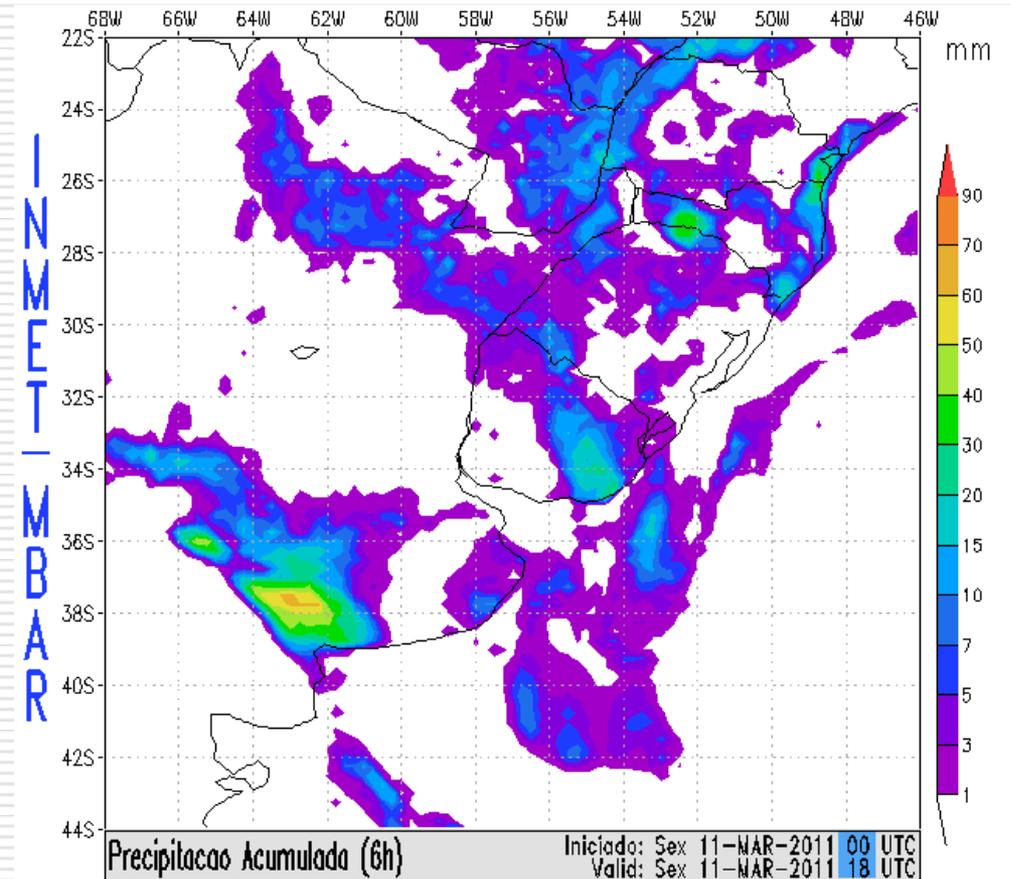
- En base a información histórica:
 - Análisis Duración Eventos
 - Hietograma adimensional.



6.1 MODELOS SIMPLES

Pronósticos de Precipitación

- En base a pronóstico meteorológico de INMET/CPTEC NOAA-IMFIA(WRF).



6.1 MODELOS SIMPLES

Procedimiento de operación

1. Modelo Cascos Blancos:

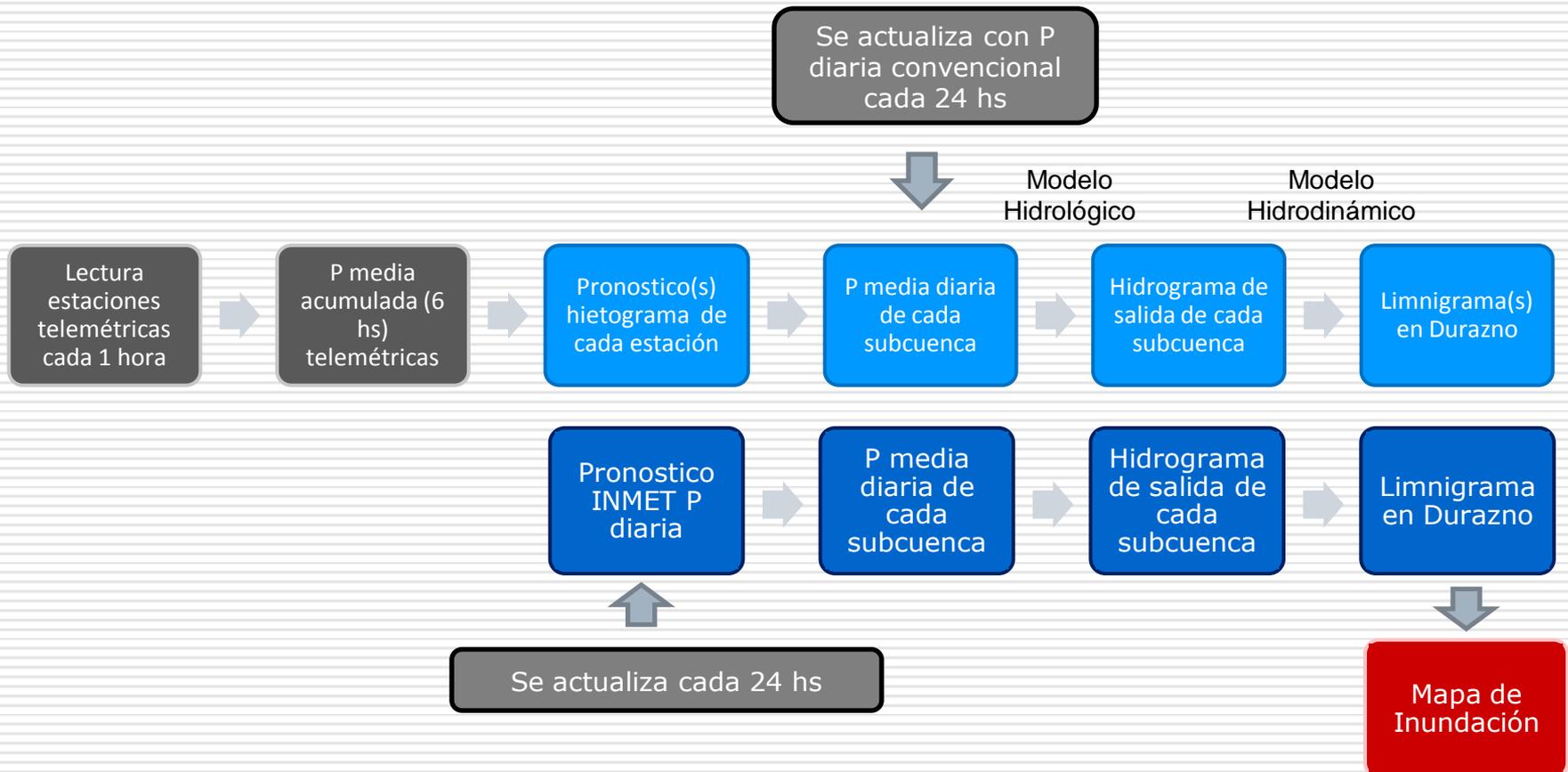


2. Determinación del Período de Retorno de la Tormenta:



6.2 MODELOS HIDROLÓGICO-HIDRODINÁMICO

Procedimiento de operación



MUTUAL GUARDS
