

República Oriental del Uruguay

# REVISIÓN DE LA GESTIÓN DE CRECIDAS Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE EMERGENCIAS PARA EL SISTEMA DE PRESAS DE RÍO NEGRO



ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE USINAS Y TRANSMISIONES ELÉCTRICAS



ofiteco



CSI Ingenieros

Informe de crecidas ordinarias y extraordinarias

SETIEMBRE 2016

Este documento ha sido editado para ser impreso doble faz. Las hojas en blanco se han interpuesto para respetar la numeración del estilo de edición.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. MODELACIÓN HIDRÁULICA</b> .....	<b>5</b>
<b>3. CONDICIONES DE CONTORNO Y CONDICIONES INICIALES</b> .....	<b>7</b>
3.1. <b>CONDICIONES INICIALES</b> .....	<b>8</b>
3.2. <b>CRECIDAS ORDINARIAS</b> .....	<b>8</b>
3.3. <b>CRECIDAS EXTRAORDINARIAS</b> .....	<b>9</b>
3.4. <b>NIVELES EN EL RÍO URUGUAY</b> .....	<b>10</b>
<b>4. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES REALIZADAS</b> .....	<b>11</b>
4.1. <b>CRECIDA DE 1959</b> .....	<b>11</b>
4.2. <b>SAN GREGORIO DE POLANCO</b> .....	<b>15</b>
4.3. <b>PUENTE CENTENARIO (PASO DE LOS TOROS)</b> .....	<b>18</b>
4.4. <b>PUENTE FERROVIARIO (PASO DE LOS TOROS)</b> .....	<b>20</b>
4.5. <b>PASO DE LOS TOROS</b> .....	<b>22</b>
4.6. <b>PUENTE RUTA 2 (MERCEDES)</b> .....	<b>24</b>
4.7. <b>MERCEDES</b> .....	<b>26</b>
4.8. <b>VILLA SORIANO</b> .....	<b>29</b>
<b>5. TÉCNICOS INTERVINIENTES</b> .....	<b>33</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXO 1: PLANOS DE INUNDACIÓN DE CRECIDAS

**ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 4–1. EMBALSE DR. GABRIEL TERRA. HIDROGRAMAS CRECIDA 1959 .....	12
FIGURA 4–2. EMBALSE RINCÓN DE BAYGORRIA. HIDROGRAMAS CRECIDA 1959. SIN PRODUCIRSE LA ROTURA.....	13
FIGURA 4–3. EMBALSE RINCÓN DE BAYGORRIA. HIDROGRAMAS CRECIDA 1959. CON ROTURA.....	13
FIGURA 4–4. EMBALSE CONSTITUCIÓN. HIDROGRAMAS CRECIDA 1959. SIN PRODUCIRSE LA ROTURA EN LA PRESA DE BAYGORRIA.....	14
FIGURA 4–5. EMBALSE CONSTITUCIÓN. HIDROGRAMAS CRECIDA 1959. CON ROTURA EN LA PRESA DE BAYGORRIA.....	15
FIGURA 4–6. SAN GREGORIO DE POLANCO. HIDROGRAMAS.....	16
FIGURA 4–7. SAN GREGORIO DE POLANCO. NIVELES DE AGUA.....	16
FIGURA 4–8. PUENTE CENTENARIO (PASO DE LOS TOROS). HIDROGRAMAS.....	18
FIGURA 4–9. PUENTE CENTENARIO (PASO DE LOS TOROS). NIVELES DE AGUA.....	19
FIGURA 4–10. PUENTE FERROVIARIO (PASO DE LOS TOROS). HIDROGRAMAS.....	20
FIGURA 4–11. PUENTE FERROVIARIO (PASO DE LOS TOROS). NIVELES DE AGUA.....	21
FIGURA 4–12. PASO DE LOS TOROS. HIDROGRAMAS.....	23
FIGURA 4–13. PASO DE LOS TOROS. NIVELES DE AGUA.....	23
FIGURA 4–14. PUENTE RUTA 2 (MERCEDES). HIDROGRAMAS.....	25
FIGURA 4–15. PUENTE RUTA 2 (MERCEDES). NIVELES DE AGUA.....	25
FIGURA 4–16. MERCEDES. HIDROGRAMAS.....	27
FIGURA 4–17. MERCEDES. NIVELES DE AGUA.....	28
FIGURA 4–18. VILLA SORIANO. HIDROGRAMAS.....	30
FIGURA 4–19. VILLA SORIANO. NIVELES DE AGUA.....	30

**ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 3–1. CRECIDAS ORDINARIAS SIMULADAS .....	9
TABLA 3–2. CRECIDAS EXTRAORDINARIAS SIMULADAS .....	10
TABLA 4–1. PUNTOS DE ESTUDIO.....	11
TABLA 4–2. SAN GREGORIO DE POLANCO. TABLA DE RESULTADOS.....	17
TABLA 4–3. PUENTE CENTENARIO (PASO DE LOS TOROS). TABLA DE RESULTADOS .....	19
TABLA 4–4. PUENTE FERROVIARIO (PASO DE LOS TOROS). TABLA DE RESULTADOS .....	22
TABLA 4–5. PASO DE LOS TOROS. TABLA DE RESULTADOS.....	24
TABLA 4–6. PUENTE RUTA 2 (MERCEDES). TABLA DE RESULTADOS.....	26
TABLA 4–7. MERCEDES. TABLA DE RESULTADOS .....	29
TABLA 4–8. VILLA SORIANO. TABLA DE RESULTADOS .....	31

Nota: Las Figuras, Fotografías y Tablas no referenciadas al pie son propiedad del Consorcio CSI – Ofiteco.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe se redacta dentro de los trabajos de REALIZACIÓN DE UN “ESTUDIO DE REVISIÓN DE LA GESTIÓN DE LAS CRECIDAS” Y LA ELABORACIÓN DE UN “PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS” PARA EL SISTEMA DE PRESAS DEL RÍO NEGRO, en base a los antecedentes estudiados y a las conversaciones mantenidas en diversas reuniones con los técnicos de UTE.

A continuación analizan los resultados obtenidos para las hipótesis de crecidas ordinarias y extraordinarias propuestas en el informe de “Hipótesis y condiciones para la elaboración de mapas de inundación” elaborado en mayo de 2013. Los criterios de operación empleados son los reflejados en el “Informe de reevaluación de los criterios de operación del ERGC” elaborado en abril de 2015.

Con las condiciones de contorno propuestas se pretende obtener un abanico suficientemente amplio de posibles situaciones como para disponer, durante futuras situaciones de avenida, de escenarios orientativos similares previamente estimados por modelación hidráulica. Se debe tener en cuenta que cada avenida es única ya que, tanto la distribución temporal como la distribución espacial de las precipitaciones varían de uno a otro episodio, en ocasiones de forma muy significativa. Además, los umbrales de escorrentía cambian constantemente, debido a las variaciones estacionales o permanentes en el estado del terreno y a las condiciones de humedad antecedentes. De este modo, incluso aunque se produjera una precipitación idéntica en dos momentos distintos, puede producir escorrentías muy diferentes. En base a esto, se puede afirmar que:

- Cada avenida es única.
- Puede haber avenidas muy diferentes que tengan la misma probabilidad o período de retorno.

Como se indicaba en el informe de mayo de 2013, existen infinitas posibles combinaciones de todos los factores que intervienen en la generación de una avenida, por lo que no es posible contemplar todas ellas. Por tanto, en el presente documento se analiza un espectro suficientemente amplio de posibles situaciones hidrológicas en el Río Negro, que sirva como orientación para la gestión de avenidas futuras.





# **CAPÍTULO 2**

## **MODELACIÓN HIDRÁULICA**



## 2. MODELACIÓN HIDRÁULICA

Como se indicaba en el informe de Trabajos Previos de junio de 2012 y en el INFORME PRELIMINAR CON EL ESTUDIO DE ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR EN LA ELABORACIÓN DE CURVAS DE REMANSO, en el Estudio de Máximas Crecidas del Río Negro (EMCRN) desarrollado por Ismes se utilizó un modelo unidimensional en régimen permanente denominado STEFLO. En los últimos años, tanto el software como el hardware han evolucionado rápidamente, por lo que la tecnología utilizada en este estudio ha sido superada notablemente. Hoy en día siguen estando indicados los modelos unidimensionales en régimen permanente para determinados usos, como el estudio de pequeños tramos fluviales, la obtención de curvas de gasto en secciones de control, el estudio hidráulico de canales y otros. No obstante, para el estudio del Río Negro se ha elaborado un modelo en régimen variable para ser utilizado en los estudios hidráulicos a desarrollar. Este modelo es el indicado para el estudio que ahora se plantea, ya que es muy importante estudiar el efecto de la laminación en los cauces y no considerarlo conduciría a resultados extremadamente conservadores y poco ajustados a la realidad.

Para estas simulaciones se ha elaborado un único modelo para todo el del cauce del Río Negro y sus afluentes, sin división en submodelos. Es decir, los embalses se encuentran integrados en el conjunto del modelo, de manera que se obtendrá, a partir de una situación inicial, el funcionamiento conjunto de todo el Río incluyendo los embalses, que se han modelado teniendo en cuenta los procedimientos de operación establecidos.

En la fecha de redacción del presente informe, el modelo desarrollado se encuentra calibrado, tras haberse obtenido la geometría del terreno y haber sido corregida con los datos obtenidos en campo por topografía.

La herramienta de modelación utilizada es MIKE FLOOD desarrollado por el *DHI*. MIKE FLOOD es una herramienta integrada para estudios de inundaciones, donde se acoplan de forma dinámica MIKE 11 (sistema de modelización unidimensional) y MIKE 21 (sistema de modelización bidimensional).

Estas herramientas han sido empleadas durante los últimos años internacionalmente en un gran número de estudios, con resultados óptimos. Sus resultados han sido contrastados con otras herramientas de cálculo, presentando en general una buena calificación en cuanto a operatividad del software y estabilidad de los algoritmos de cálculo, lo que favorece que el resultado de los modelos resulte adecuado al fenómeno físico que se pretende modelar.

En base a lo observado durante la fase de inspección y recopilación de información, inicialmente podría considerarse que incluso en situaciones de grandes avenidas, el flujo hidráulico en la mayor parte del Río Negro se comporta de forma prácticamente unidimensional, tal como se indicaba en el informe de los Trabajos Previos de junio de 2012. Aun así, se preveía la inclusión de áreas de flujo bidimensional y en un principio se había apuntado, por la morfología del terreno, que sería deseable utilizar la modelación bidimensional en el entorno de Mercedes y Villa Soriano, pero finalmente se ha extendido el uso de la modelación bidimensional también a la población de Paso de los Toros, para lo cual, en las áreas de las tres poblaciones citadas se ha empleado la herramienta de flujo bidimensional MIKE21.

En cualquier caso, por medio de la herramienta MIKE FLOOD, se dispone de un modelo integrado que incluye las áreas modeladas en flujo unidimensional (MIKE11) con las de flujo bidimensional (MIKE21).

Los fundamentos matemáticos de ambos modelos (MIKE11 y MIKE21), ya se expusieron en el informe de los Trabajos Previos de junio de 2012, por lo que no se repiten en el presente informe.

En las simulaciones hidráulicas que se exponen en el presente documento, se han tenido en cuenta, para la operación de las represas, los procedimientos operativos reflejados en el "Informe de reevaluación de los criterios de operación del ERGC" de abril de 2015.



**CAPÍTULO 3**  
**CONDICIONES DE CONTORNO Y**  
**CONDICIONES INICIALES**



### 3. CONDICIONES DE CONTORNO Y CONDICIONES INICIALES

Como se ha indicado en el apartado anterior, para estas simulaciones se ha elaborado un modelo integral del cauce del Río Negro, sin división en submodelos. Es decir, los embalses se encuentran integrados en el conjunto del modelo, de manera que se ha obtenido, a partir de una situación inicial, el funcionamiento conjunto de todo el Río incluyendo los embalses, que se han modelado teniendo en cuenta los procedimientos de operación establecidos. Es por ello que como condiciones de contorno se establecen una serie de hidrogramas de entrada por el cauce del Río Negro y por sus principales afluentes y una única condición de contorno de nivel aguas abajo, consistente en un nivel fijo en la confluencia del Río Negro con el Río Uruguay.

Los niveles iniciales en los embalses del Dr. Gabriel Terra, Baygorria y Constitución no funcionan como condición de contorno fijo aguas abajo, sino como unas condiciones iniciales en el modelo, que irán variando durante las avenidas a simular.

El modelo único obtiene resultados de las simulaciones en los siguientes cauces:

Aguas arriba de la Presa del Dr. Gabriel Terra:

- Río Negro.
- Río Tacuarembó.

Aguas arriba de la Presa de Baygorria:

- Río Negro
- Arroyo Salsipuedes

Aguas arriba de la Presa de Constitución:

- Río Negro.
- Río Yí.
- Arroyo Grande del Sur.

Aguas abajo de la presa de Constitución:

- Río Negro hasta su desembocadura en el Río Uruguay.

En los apartados siguientes se resumen las condiciones de contorno (caudales aguas arriba y nivel en la desembocadura del Río Negro), empleadas para obtener los resultados de las simulaciones.

En el caso del tramo final del Río Negro se ha empleado como condición de contorno aguas abajo, un nivel constante en el Río Uruguay.

Siguiendo lo indicado en el pliego de condiciones, se han realizado dos (2) simulaciones correspondientes a CRECIDAS ORDINARIAS, con períodos de retorno inferiores a 100 años y cinco (5) simulaciones correspondientes a CRECIDAS EXTRAORDINARIAS, con períodos de retorno iguales o superiores a 100 años.

### 3.1. Condiciones iniciales

Las condiciones iniciales de los modelos elaborados se refieren a los niveles de agua en los embalses del Dr. Gabriel Terra, Baygorria y Constitución.

Continuando con los valores establecidos para las condiciones mínimas en los embalses en el "INFORME PRELIMINAR CON EL ESTUDIO DE ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR EN LA ELABORACIÓN DE CURVAS DE REMANSO", en el informe de mayo de 2013 se fijaron como condiciones iniciales las siguientes:

- Dr. Gabriel Terra: 79,39 m (referido al cero oficial).
- Baygorria: 54,00 m (referido al cero oficial).
- Constitución: 40,00 m (referido al cero oficial).

Este criterio se aplicará tanto a las crecidas ordinarias como a las crecidas extraordinarias.

### 3.2. Crecidas ordinarias

Se han estudiado las crecidas sugeridas en el pliego de condiciones, asociadas a períodos de retorno de 20 y 50 años. Estas crecidas, no por ser de menor entidad que las crecidas extraordinarias carecen de importancia, ya que precisamente su mayor probabilidad de ocurrencia hace que su frecuencia sea mayor y sea muy conveniente conocer el comportamiento del sistema del Río Negro frente a ellas, con el fin de contar con el conocimiento y las herramientas necesarias para hacerles frente.

La obtención de estas crecidas se ha realizado conforme a los criterios expuestos en el informe de actualización del estudio hidrológico.

Para la modelación de estas avenidas, se han introducido en el modelo matemático los hidrogramas correspondientes en los siguientes cauces:

Aguas arriba de la Presa del Dr. Gabriel Terra:

- Río Negro.
- Río Tacuarembó.

Aguas arriba de la Presa de Baygorria:

- Arroyo Salsipuedes.

Aguas arriba de la Presa de Constitución:

- Río Yí.
- Arroyo Grande del Sur

Además se han incorporado al modelo los hidrogramas obtenidos para las cuencas propias de los embalses y las aportaciones intermedias que figuran en las tablas correspondientes del informe de "Hipótesis y condiciones para la elaboración de mapas de inundación" elaborado en mayo de 2013.

Los caudales erogados desde las presas se han calculado por el propio modelo, utilizando para ello los procedimientos establecidos en el "Informe de reevaluación de los criterios de operación del ERGC" de abril de 2015.

En las crecidas ordinarias, aunque se plantea el uso de hidrogramas disgregados, en la tabla siguiente solo se indican los caudales máximos de entrada en los embalses, a modo de resumen.

Las cotas que se indican están referidas al cero oficial.



**Tabla 3–1. Crecidas ordinarias simuladas**

Periodo de retorno (años)	Caudal máximo Terra (m <sup>3</sup> /s)	Caudal máximo Baygorria (m <sup>3</sup> /s)	Caudal máximo Constitución (m <sup>3</sup> /s)	Cota inicial Terra (m)	Cota inicial Baygorria (m)	Cota inicial Constitución (m)	Nivel río Uruguay (m)
20	9.580	8.244	12.290	79,39	54,00	40,00	2,74
50	10.938	9.092	13.705,5	79,39	54,00	40,00	2,74

### 3.3. Crecidas extraordinarias

De acuerdo con el pliego de condiciones, se han simulado las crecidas siguientes:

- Crecida Máxima Probable (CMP).
- Crecida de 100 años de período de retorno.
- Crecida de 10.000 años de período de retorno.

Además de las dos crecidas intermedias:

- Crecida de período de retorno 1.000 años
- Crecida de 1959. En este caso se han utilizado los datos disponibles de la crecida para obtener, en la situación actual, las zonas inundadas si se produjera nuevamente la avenida de 1959, teniendo en cuenta las nuevas presas construidas desde entonces, la topografía actual y los actuales procedimientos operativos.

Para ello se han utilizado los hidrogramas obtenidos en el informe de actualización del estudio hidrológico, conforme a los criterios expuestos en dicho informe.

Respecto a los caudales de la avenida de 1959, partiendo de los hidrogramas presentados en el Estudio de máximas Crecidas del Río Negro elaborado por ISMES, y aplicando la metodología de ponderación de los caudales por áreas y pendientes expuesta en el informe de Actualización del Estudio Hidrológico desarrollado durante la presente consultoría, se ha obtenido un reparto de caudales por cuencas, para introducir en el modelo hidráulico. Se debe tener en cuenta que la distribución de caudales por cauces solo es aproximada, al no disponerse de suficiente información para actuar de otro modo. En cualquier caso, parte de la información disponible está referida a un momento histórico en el que solo se encontraba en servicio la presa del Dr. Gabriel Terra, por lo que los resultados que se obtendrán a partir de estas simulaciones hidráulicas deben ser sustancialmente diferentes a los que realmente ocurrieron en 1959.

Al igual que en el caso de las crecidas ordinarias, se han introducido en el modelo los hidrogramas correspondientes a los cauces:

Aguas arriba de la Presa del Dr. Gabriel Terra:

- Río Negro.
- Río Tacuarembó.

Aguas arriba de la Presa de Baygorria:

- Arroyo Salsipuedes.

Aguas arriba de la Presa de Constitución:

- Río Yí.
- Arroyo Grande del Sur

Además se han incorporado al modelo los hidrogramas obtenidos para las cuencas propias de los embalses y las aportaciones intermedias que figuran en las tablas correspondientes del informe de “Hipótesis y condiciones para la elaboración de mapas de inundación” elaborado en mayo de 2013.

En las crecidas extraordinarias, aunque se plantea el uso de hidrogramas disgregados, en la tabla siguiente solo se indican los caudales máximos de entrada en los embalses, a modo de resumen.

Las cotas que se indican están referidas al cero oficial.

**Tabla 3–2. Crecidas extraordinarias simuladas**

Periodo de retorno (años)	Caudal máximo Terra (m <sup>3</sup> /s)	Caudal máximo Baygorria (m <sup>3</sup> /s)	Caudal máximo Constitución (m <sup>3</sup> /s)	Cota inicial Terra (m)	Cota inicial Baygorria (m)	Cota inicial Constitución (m)	Nivel río Uruguay (m)
100	11.954	12.253	15.227	79,39	54	40	2,74
1.000	15.319	12.516	19.544	79,39	54	40	2,74
10.000	18.676	14.095	23.268	79,39	54	40	2,74
CMP <sup>1</sup>	21.815	17.815	26.311	79,39	54	40	2,74
Crecida del año 1959	16.281	12.657	22.010	79,39	54	40	2,74

En el caso de la Crecida Máxima Probable se origina sobrepaso en las tres presas. Dado que este informe corresponde a un estudio de crecidas donde no se contempla la rotura se denominará ese escenario como CMP con sobrepaso sin rotura.

### 3.4. Niveles en el río Uruguay

En el INFORME PRELIMINAR CON EL ESTUDIO DE ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR EN LA ELABORACIÓN DE CURVAS DE REMANSO se han analizado en detalle los valores de los niveles en el río Uruguay.

En el EMCRN elaborado por ISMES se adoptó como condición de contorno, el nivel medio en Villa Soriano, de los máximos valores medidos durante las principales tormentas entre los años 1984 y 1996, que correspondía a 2,83 m, lo que referido al cero oficial corresponde a 2,39 m.

Con la serie de máximos anuales obtenida de los datos facilitados por DINAGUA entre los años 1996 y 2011, se obtiene un valor medio superior, de 3,18 m, que corresponden a 2,74 m referidos al cero oficial. Dado que la serie del EMCRN solo contenía 7 datos discontinuos, ya que no contemplaba todos los máximos anuales entre 1984 y 1992 y que las condiciones pueden haber cambiado por las variaciones que se han producido durante los últimos años debidas, entre otras causas, al cambio climático, parece razonable adoptar como referencia la serie de DINAGUA actualizada hasta 2011, por lo que se ha utilizado como condición de contorno para las hipótesis planteadas en el presente documento, el valor medio de esta serie de máximos anuales (2,74 m referido al cero oficial).

<sup>1</sup> Se trata de la hipótesis de Crecida Máxima Probable con sobrepaso, en el caso que exista, sin rotura. En el resto del documento esta hipótesis (CMP con sobrepaso sin rotura) aparecerá nombrada como CMP.

# **CAPÍTULO 4**

## **RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES REALIZADAS**



## 4. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES REALIZADAS

En el presente apartado se reflejan los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas. Como se indicaba anteriormente, el comportamiento de los embalses se encuentra integrado en el conjunto del modelo. Estos se han modelizado teniendo en cuenta los procedimientos de explotación establecidos. Estos procedimientos se encuentran reflejados en el “Informe de reevaluación de los criterios de operación del ERGC” elaborado en abril de 2015.

El presente análisis se basa en un estudio de afecciones de los puntos de interés cercanos al cauce del río Negro. En la siguiente tabla se adjunta el listado de estos puntos de interés:

**Tabla 4–1. Puntos de estudio**

Nombre	Zona
San Gregorio de Polanco	Río Negro. Aguas arriba de la presa Dr. Gabriel Terra.
Puente Centenario (Paso de los Toros)	Río Negro. Entre las presas de Dr. Gabriel Terra y Baygorria.
Puente ferroviario (Paso de los Toros)	Río Negro. Entre las presas de Dr. Gabriel Terra y Baygorria.
Paso de los Toros	Río Negro. Entre las presas de Dr. Gabriel Terra y Baygorria.
Puente Ruta 2 (Mercedes)	Río Negro. Entre la presa de Constitución y el río Uruguay.
Mercedes	Río Negro. Entre la presa de Constitución y el río Uruguay.
Villa Soriano	Río Negro. Entre la presa de Constitución y el río Uruguay.

En este apartado se reflejan los resultados obtenidos para todas las simulaciones realizadas en los siete puntos de interés indicados anteriormente. Se exponen de forma gráfica los caudales y niveles. Posteriormente, de forma numérica, se incluyen los valores máximos de niveles, caudales, velocidades y calados sobre el punto de afección. También se ha indicado el tiempo desde el inicio de las simulaciones para los que se producen esos máximos.

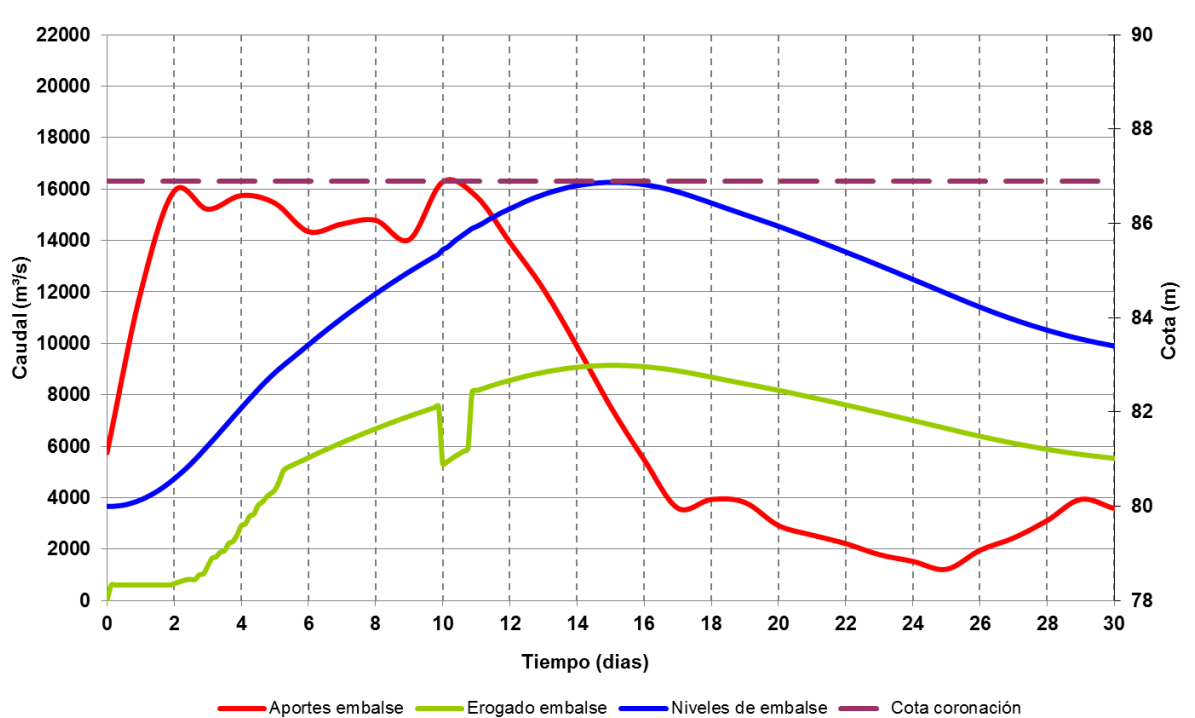
En este informe no se incluyen gráficos de caudales erogados en las presas ya que estos se encuentran recogidos en el informe A.1.3 (Informe final de reevaluación de los criterios de operación) aprobado en mayo 2015.

### 4.1. Crecida de 1959

Como se indica más arriba, se presentan a continuación los resultados obtenidos en la simulación de la crecida de 1959, donde se observa que no se superaría la cota de la coronación en las presas de Dr. Gabriel Terra y Constitución. Sí se vería superada la cota de coronación en la presa de Baygorria por entre 40 y 50 cm.

En los gráficos siguientes se muestran, para cada presa, los resultados obtenidos.

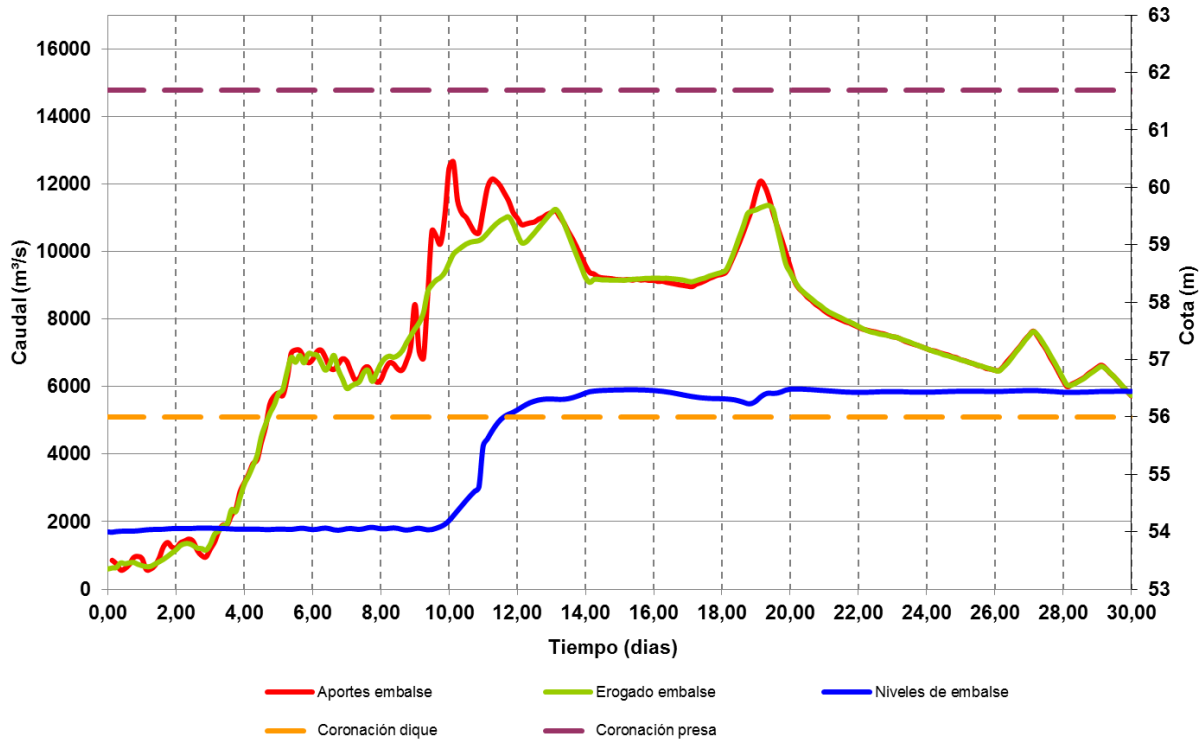
Figura 4-1. Embalse Dr. Gabriel Terra. Hidrogramas crecida 1959



Como se puede apreciar, para la presa del Dr. Gabriel Terra, se alcanzaría prácticamente la cota de coronación, quedando el agua a tan solo unos pocos centímetros. Al producirse un margen tan estrecho, es difícil precisar lo que ocurriría en un evento real en el que se producen condicionantes que pueden alterar este resultado ligeramente y pueden suponer la diferencia entre producirse el vertido sobre la coronación o no producirse.

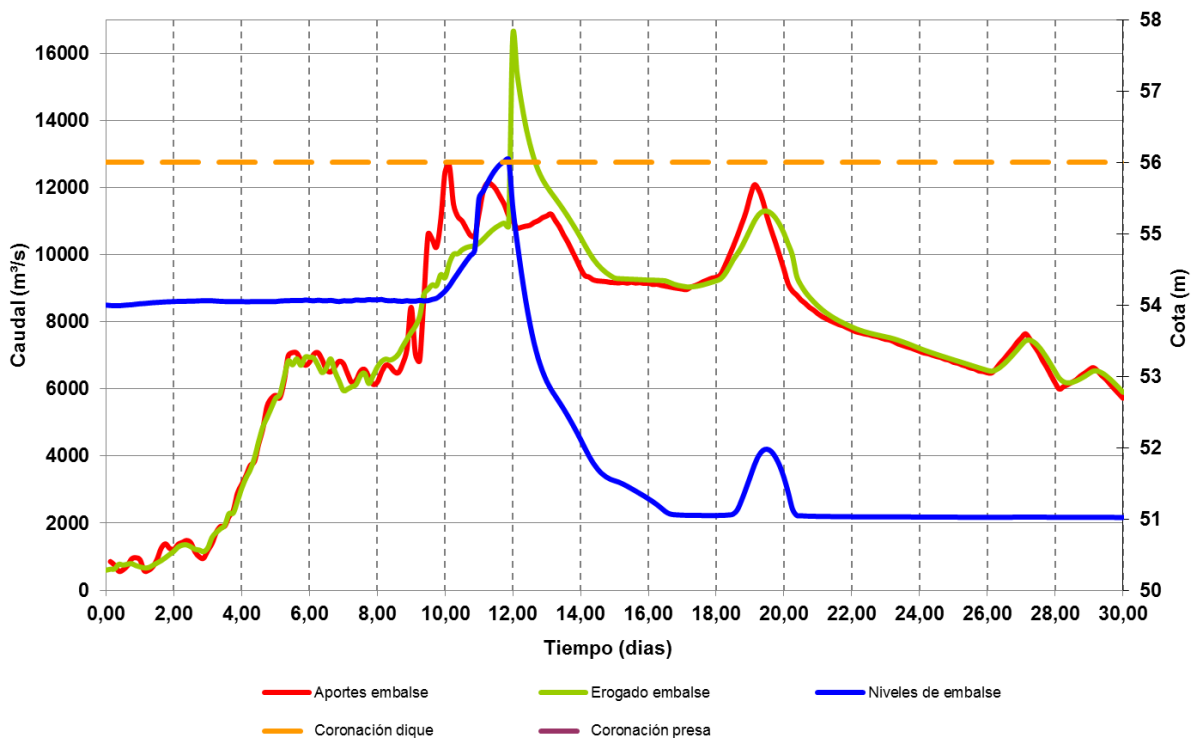
Como se ha indicado, en la Presa de Rincón de Baygorria, se produciría una cota que superaría la coronación por menos de 50 cm. Es posible que el hecho de superarse la cota de coronación por menos de 50 cm no supusiera la rotura de la presa de Baygorria aunque, sin duda, se trata de una situación extrema y no deseable. En el caso de producirse esta situación sin que se produjera la rotura de la presa, el resultado es el que se presenta en el gráfico siguiente.

Figura 4–2. Embalse Rincón de Baygorria. Hidrogramas crecida 1959. Sin producirse la rotura.



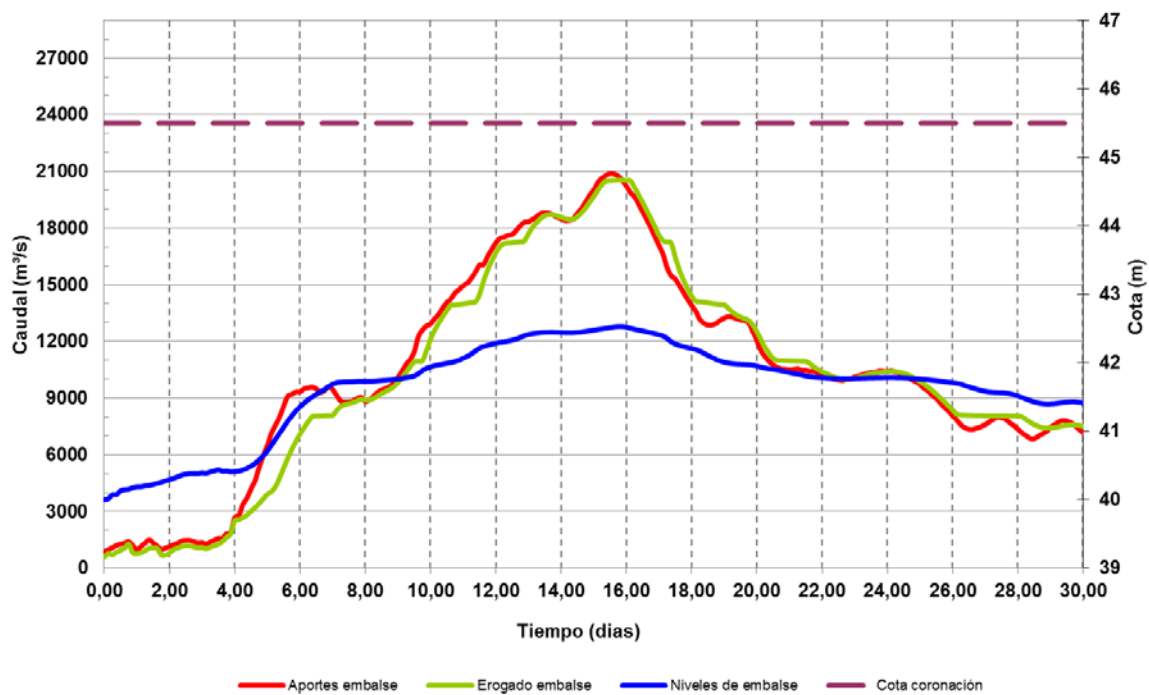
Aplicando un criterio conservador, que es el que finalmente se ha adoptado, al superar la cota 56 m, se produciría la rotura de la Presa de Rincón de Baygorria. Esta situación es la que se representa en la figura siguiente, donde se observa que se produce un caudal pico de salida generado por la rotura y un vaciado rápido del embalse.

Figura 4–3. Embalse Rincón de Baygorria. Hidrogramas crecida 1959. Con rotura.



Lógicamente, en la Presa de Constitución podrían darse también dos situaciones diferentes dependiendo de si se produce o no la rotura de la Presa de Rincón de Baygorria. En el primer caso, el resultado sería el que se presenta a continuación.

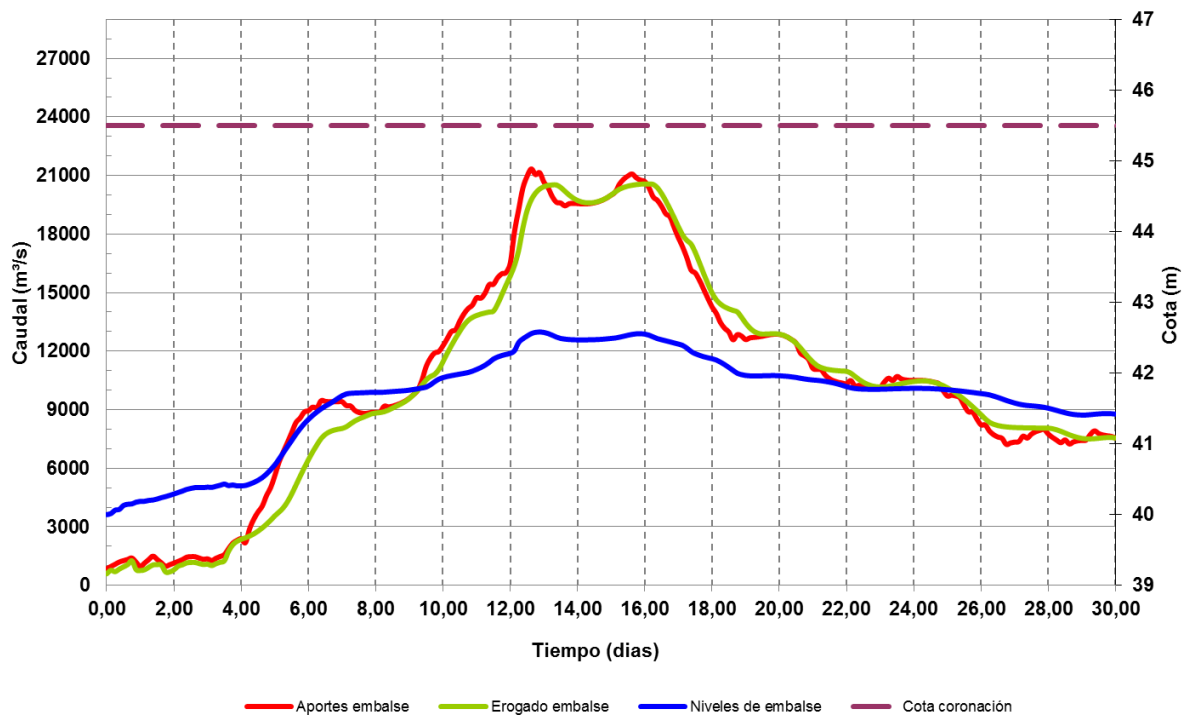
**Figura 4-4. Embalse Constitución. Hidrogramas crecida 1959. Sin producirse la rotura en la presa de Baygorria.**



En el segundo caso (rotura de la Presa de Rincón de Baygorria), el hidrograma ingresado en Constitución sería diferente, aunque la cota máxima alcanzada sería la 42,50 m, lo que resultaría una situación segura. El resultado es el que se presenta a continuación.



**Figura 4–5. Embalse Constitución. Hidrogramas crecida 1959. Con rotura en la presa de Baygorria.**



Adoptando un criterio conservador, se ha considerado que se produce la rotura de la presa de Baygorria al superarse la cota 56 m.

Los efectos de esta crecida en los puntos de estudio se analizan a continuación, junto con los del resto de las crecidas analizadas.

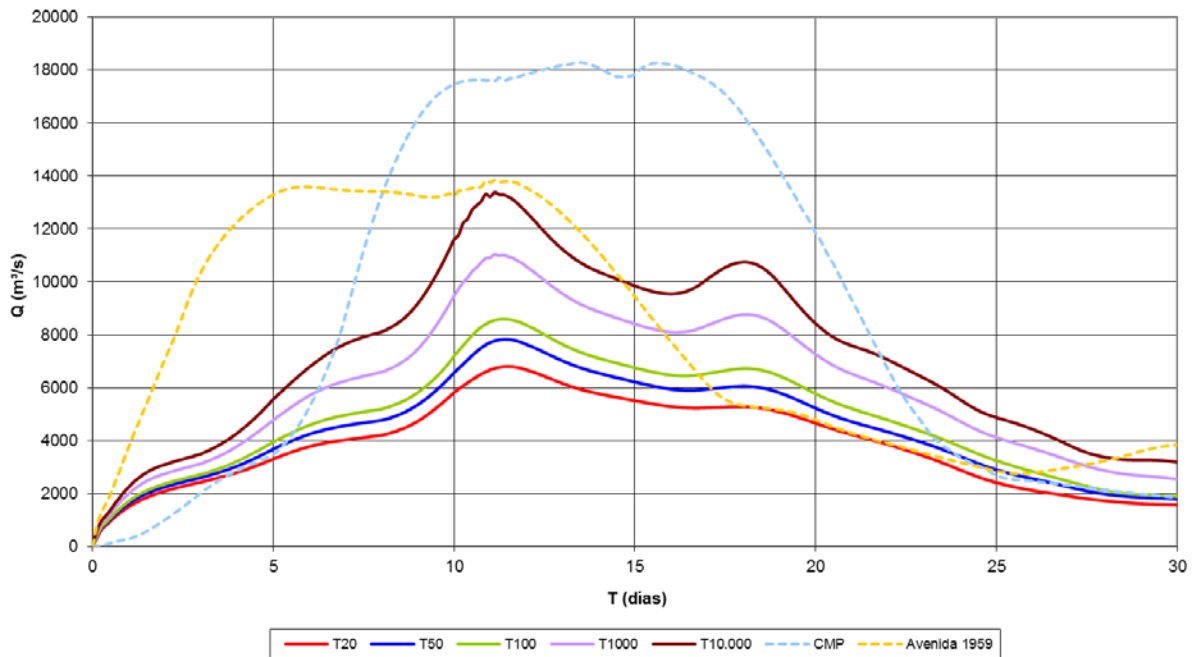
#### 4.2. San Gregorio de Polanco

La población de San Gregorio de Polanco (3.415 habitantes<sup>2</sup>) se encuentra a unos 70 kilómetros aguas arriba de la presa del Dr. Gabriel Terra. Su situación en una península en la cola del embalse (margen derecha) hace que sea susceptible de inundarse para cualquier avenida en el río Negro.

En la siguiente figura se muestran los hidrogramas de las distintas crecidas simuladas a su paso por la población. Los hidrogramas que llegan a San Gregorio de Polanco están compuestos por las aportaciones de los ríos Tacuarembó y Negro.

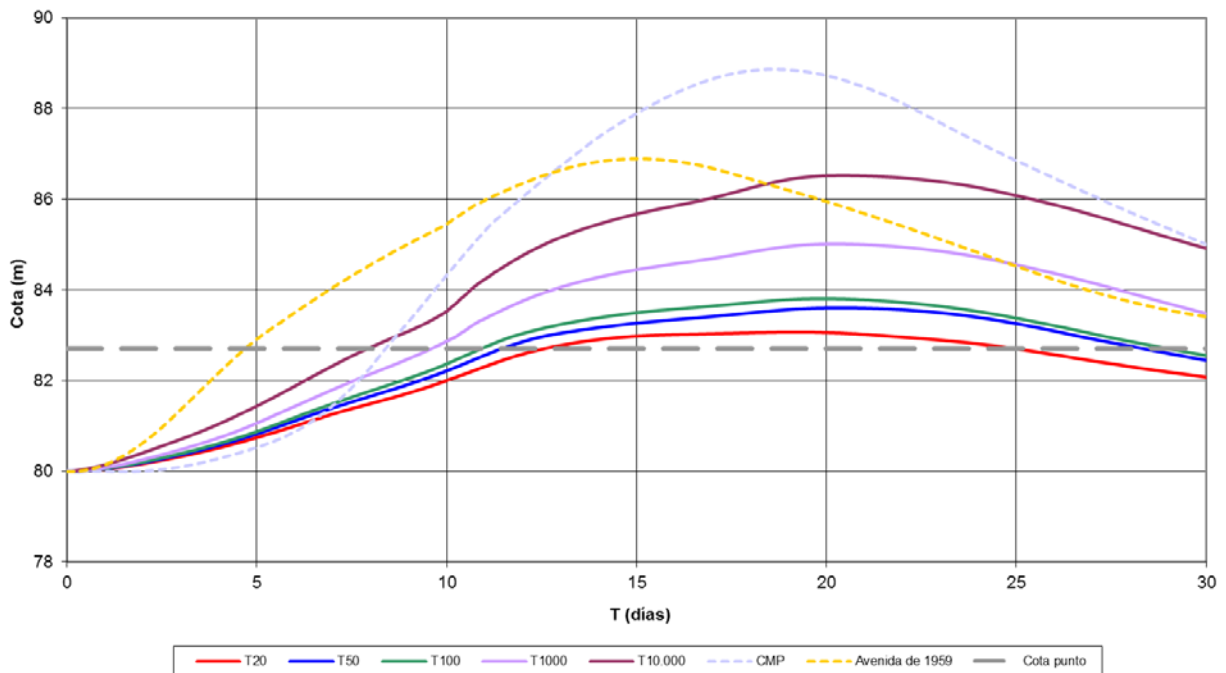
<sup>2</sup> Fuente Instituto Nacional de Estadística de Uruguay (INE). Censo 2011.

**Figura 4–6. San Gregorio de Polanco. Hidrogramas.**



En la figura a continuación se representan las cotas alcanzadas por el nivel de agua en el cauce, para cada una de las crecidas estudiadas, en el punto de afección de San Gregorio de Polanco más cercano al cauce. Con el fin de poder comprobar el nivel de afección, se ha incluido una línea que representa la cota mínima de afección en la población. Esta cota, 82,70 m, se obtiene de las zonas de San Gregorio de Polanco con menor cota.

**Figura 4–7. San Gregorio de Polanco. Niveles de agua.**



La situación de la población, indicada anteriormente, hace que la probabilidad de resultar afectada por una avenida sea alta. En la figura se comprueba que, para cualquiera de las avenidas estudiadas, el nivel de agua supera la cota mínima de inundación. El calado máximo sobre este punto varía entre 0,37 m (periodo de retorno de 20 años) y 6,17 m para el escenario CMP.

El tiempo durante el que se encontraría inundada la población depende del hidrograma en el punto. La menor duración se da para el periodo de retorno de 20 años. En ese caso la inundación empieza pasado del día 12 (desde el inicio de la avenida) y dura hasta pasado el día 25, alrededor de 13 días de inundación. Para el resto de crecidas esta inundación supera los 19 días de duración, siendo la más pronunciada la que se inicia primero, el día 4 y 12 horas, que corresponde a la avenida de 1959.

En la tabla siguiente se muestran los valores numéricos más significativos, aunque al tratarse de hidrogramas teóricos, los tiempos de inicio de la inundación y de llegada del máximo, pueden variar dependiendo de donde se tome el origen temporal.

**Tabla 4–2. San Gregorio de Polanco. Tabla de resultados**

Nombre	San Gregorio de Polanco				Cota mínima	82,7	
Periodo de retorno	Caudal		Niveles		Velocidades	Calados	
	Max (m³/s)	T.Max	Max (m)	Tiempo	m/s	Max (m)	Tiempo
<b>20</b>	6.801,10	11 d 12 h	83,07	20 d 3 h	0,65	0,37	20 d 3 h
<b>50</b>	7.833,40	11 d 9 h	83,61	21 d 6 h	0,68	0,91	21 d 6 h
<b>100</b>	8.594,45	11 d 9 h	83,81	19 d 18 h	0,63	1,11	19 d 18 h
<b>1000</b>	11.032,67	11 d 3 h	85,02	20 d 3 h	0,70	2,32	20 d 3 h
<b>10000</b>	13.386,40	11 d 3 h	86,53	20 d 9 h	0,74	3,83	20 d 9 h
<b>CMP</b>	18.295,73	13 d 12 h	88,87	18 d 15 h	0,80	6,17	18 d 15 h
<b>1959</b>	13.936,24	11 d 3 h	86,90	15 d 0 h	0,71	4,20	15 d 0 h

En los planos incluidos en el Apéndice 1 se puede ver la progresión en planta de la inundación. En cuanto a su extensión, para los periodos de retorno de 20 y 50 años, resultan inundadas las zonas más cercanas al cauce sin llegar a internarse en las zonas más densamente pobladas.

La zona más poblada, compuesta por grupos de viviendas distribuidas en un trazado de calles en cuadrícula, se vería afectada por sus límites este y suroeste. En el área suroeste se produce inundación en las zonas situadas hasta a unos 50 metros desde el cauce. Las zonas menos pobladas, con viviendas dispersas, se verían afectadas en unos 800 metros por su parte sur y unos 300 m por este y oeste.

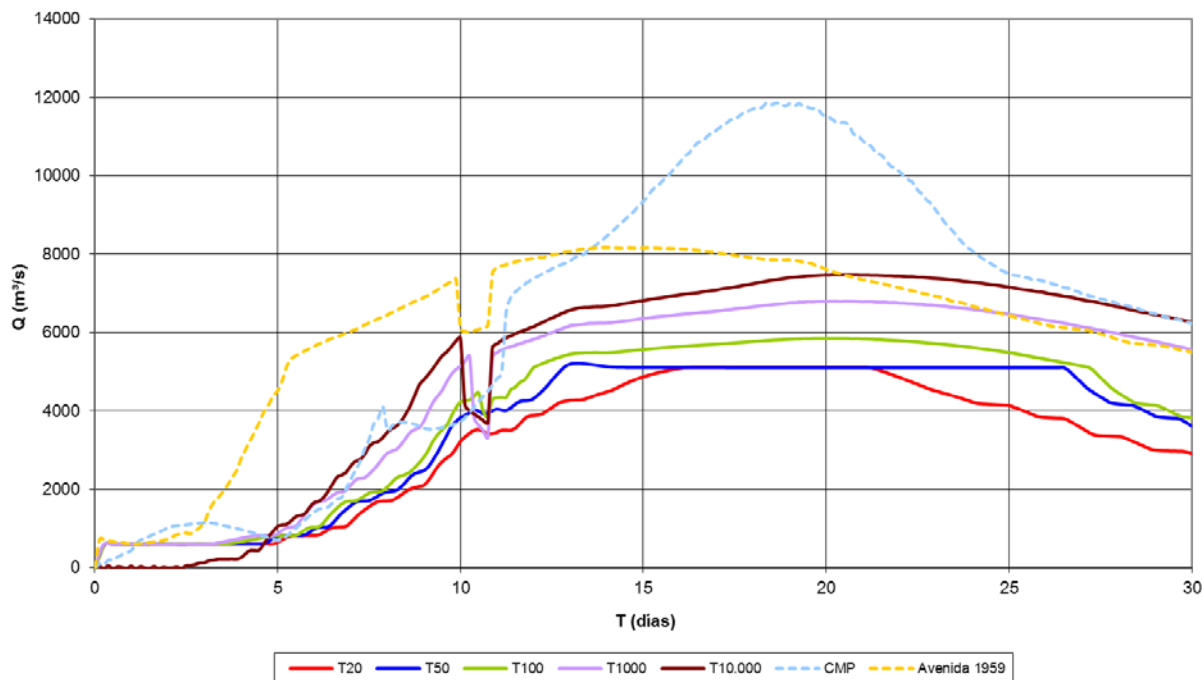
Para las avenidas extraordinarias, teniendo en cuenta los valores de calados expuestos en la tabla anterior y la superficie inundada, se puede considerar que se produce una afección grave a la población. Esta inundación llega a provocar, para periodos de retorno elevados, la incomunicación temporal de la población por el corte de las vías de comunicación.

### 4.3. Puente Centenario (Paso de los Toros)

El llamado puente Centenario se encuentra en la población de Paso de los Toros. Se trata de un puente de con vanos en arco compuesto por vanos de 16,02 y 34,72 m con una longitud total superior a los 500 m. Se ha considerado como cota de afección la cota del tablero del puente, 65,94 m.

En la siguiente figura se muestran los hidrogramas de las distintas crecidas simuladas a su paso por el puente. El puente se sitúa a unos 20 km aguas abajo de la presa del Dr. Gabriel Terra. Los hidrogramas que llegan a la zona serán la suma de los erogados de la presa y los de la cuenca intermedia.

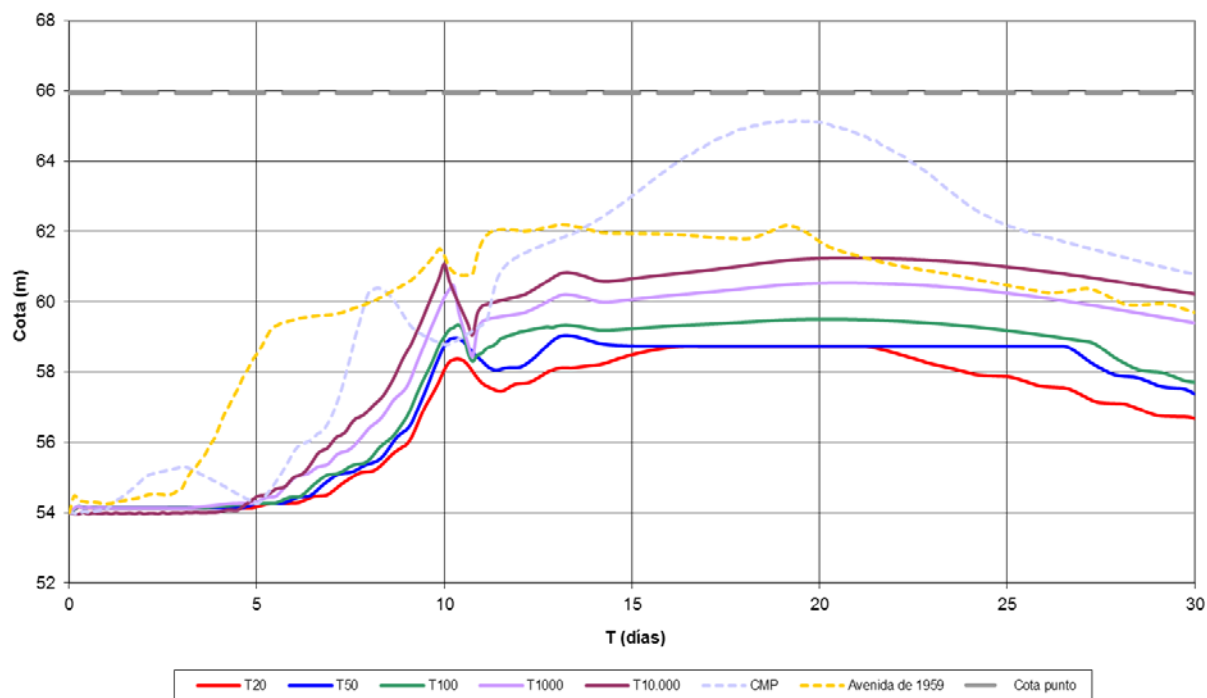
**Figura 4–8. Puente Centenario (Paso de los Toros). Hidrogramas**



En cuanto al nivel del agua en el cauce, figura siguiente, hay que destacar que en ninguno de los casos estudiados se llega a superar la cota del tablero del puente (representada en la gráfica por una línea). La cota alcanzada queda, en todos los casos excepto en la crecida máxima probable, al menos 3,5 m por debajo del tablero del puente. La CMP también quedaría por debajo de la cota del tablero pero es la única que llegaría a alcanzar la parte superior del arco de los vanos del puente.

Se debe tener en cuenta que durante un episodio real, es posible que se produzca la obstrucción parcial o total de algunos vanos del puente por arrastres de vegetales (ramas, troncos, etc.) u otros elementos que pueden hacer variar estos resultados.

**Figura 4–9. Puente Centenario (Paso de los Toros). Niveles de agua**



En la tabla siguiente se muestran los valores numéricos más significativos. Al no superarse el tablero del puente no se obtienen datos de calados (ni tiempos asociados).

**Tabla 4–3. Puente Centenario (Paso de los Toros). Tabla de resultados**

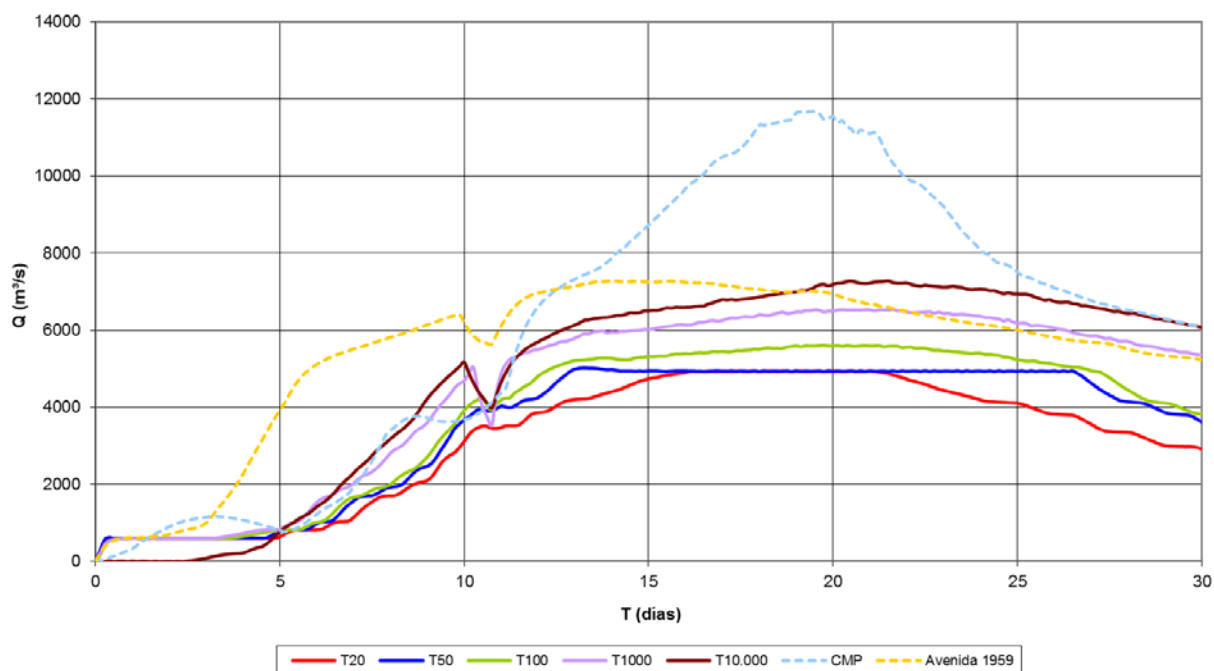
Nombre	Puente Centenario (Paso de los Toros)				Cota mínima	65,94	
Periodo de retorno	Caudal		Niveles		Velocidades	Calados	
	Max (m³/s)	T.Max	Max (m)	Tiempo	m/s	Max (m)	Tiempo
<b>20</b>	5.110,12	16 d 6 h	58,74	16 d 0 h	2,41	0,00	0,00
<b>50</b>	5.212,57	13 d 3 h	59,05	13 d 3 h	2,46	0,00	0,00
<b>100</b>	5.848,19	20 d 0 h	59,50	20 d 3 h	2,52	0,00	0,00
<b>1000</b>	6.801,55	20 d 3 h	60,54	20 d 9 h	2,78	0,00	0,00
<b>10000</b>	7.473,82	20 d 9 h	61,25	20 d 18 h	3,11	0,00	0,00
<b>CMP</b>	11.860,11	18 d 9 h	65,16	19 d 9 h	3,27	0,00	0,00
<b>1959</b>	8.159,61	14 d 21 h	62,19	19 d 3 h	3,30	0,00	0,00

#### 4.4. Puente ferroviario (Paso de los Toros)

En la población de Paso de los Toros se encuentra un puente ferroviario, a unos 1,20 km del puente Centenario. Se trata de un puente de con vanos rectangulares compuesto por vanos de 36, 33,50, 16,80 y 15,24 m con una longitud total superior a los 400 m. Se ha considerado como cota de afección la cota del tablero del puente, 62,21 m.

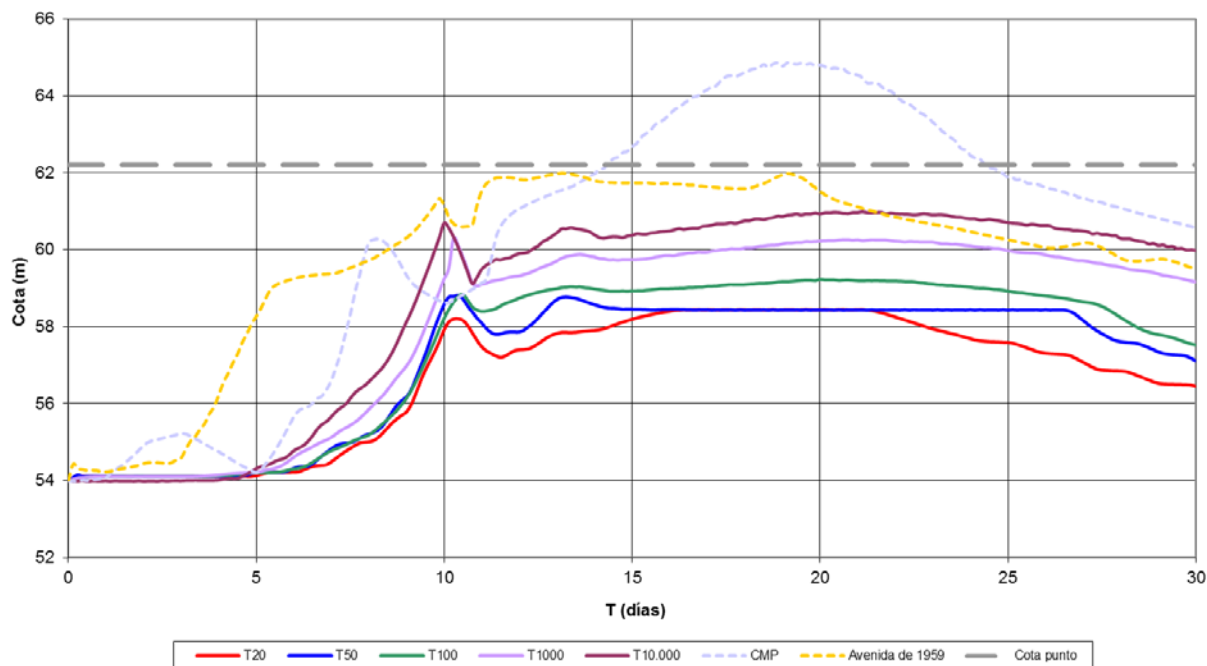
En la siguiente figura se muestran los hidrogramas de las distintas crecidas simuladas a su paso por el puente. El puente se sitúa a unos 21 km aguas abajo de la presa del Dr. Gabriel Terra. Los hidrogramas que llegan a la zona serán la suma de los erogados de la presa y los de la cuenca intermedia.

**Figura 4–10. Puente ferroviario (Paso de los Toros). Hidrogramas.**



En la figura a continuación se representan las cotas alcanzadas por el nivel de agua en el cauce, para cada una de las crecidas estudiadas, en el punto del cauce donde se sitúa el puente. Con el fin de poder comprobar el nivel de afección, se ha incluido una línea que representa la cota mínima de afección (tablero del puente).

Figura 4–11. Puente ferroviario (Paso de los Toros). Niveles de agua.



El puente solo se ve superado en una de las hipótesis, la correspondiente a la crecida máxima probable. Para esta hipótesis el máximo calado alcanzado sobre la cota del tablero del puente es de 2,65 m. Este valor se produce a los 18 días y 21 horas del inicio de la avenida. El agua supera el tablero a partir de la mitad del día 15 y se mantiene hasta cerca del día 24.

Para el resto de hipótesis estudiadas el nivel de agua se encuentra entre 0,26 y 3,76 m por debajo de la cota del tablero del puente.

En la tabla siguiente se muestran los valores numéricos más significativos. Sólo se obtiene resultado de calado y tiempo asociado para la CMP ya que es la única hipótesis que supera el tablero del puente.

Tabla 4–4. Puente ferroviario (Paso de los Toros). Tabla de resultados

Nombre	Puente ferroviario (Paso de los Toros)				Cota mínima	62,21	
Periodo de retorno	Caudal		Niveles		Velocidades	Calados	
	Max (m <sup>3</sup> /s)	T.Max	Max (m)	Tiempo	m/s	Max (m)	Tiempo
20	4.942,47	16 d 3 h	58,45	16 d 3 h	1,93	0,00	0,00
50	5.023,84	13 d 6 h	58,81	13 d 3 h	1,96	0,00	0,00
100	5.619,43	20 d 3 h	59,23	20 d 0 h	1,95	0,00	0,00
1000	6.550,78	21 d 15 h	60,30	10 d 6 h	2,17	0,00	0,00
10000	7.329,08	20 d 9 h	60,99	21 d 3 h	2,42	0,00	0,00
CMP	12.012,60	19 d 0 h	64,87	18 d 21 h	2,46	2,65	18 d 21 h
1959	7.328,15	14 d 15 h	61,99	19 d 0 h	2,53	0,00	0,00

#### 4.5. Paso de los Toros

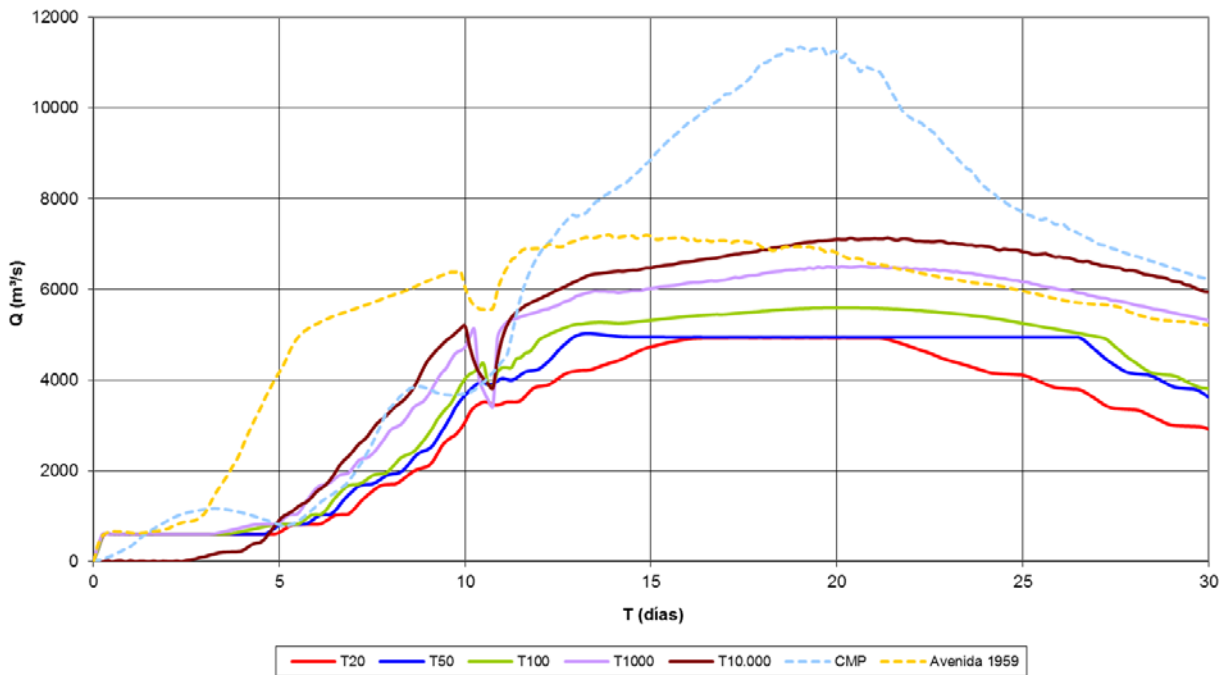
Entre las presas del Dr. Gabriel Terra y Baygorria se encuentra la población de Paso de los Toros (12.985 habitantes<sup>3</sup>). Se encuentra a unos 0,60 km aguas abajo del puente ferroviario de la misma localidad. En este punto las edificaciones más cercanas al cauce se encuentran a cotas por encima de 57,70 m, que será la cota mínima de afección. Se ha considerado esta sección por ser el punto en el que las edificaciones se encuentran a cota más baja.

En la siguiente figura se muestran los hidrogramas de las distintas crecidas simuladas a su paso por la población. Los hidrogramas que llegan a Paso de los Toros serán la suma de los erogados de la presa y los de la cuenca intermedia.

<sup>3</sup> Fuente Instituto Nacional de Estadística de Uruguay (INE). Censo 2.011

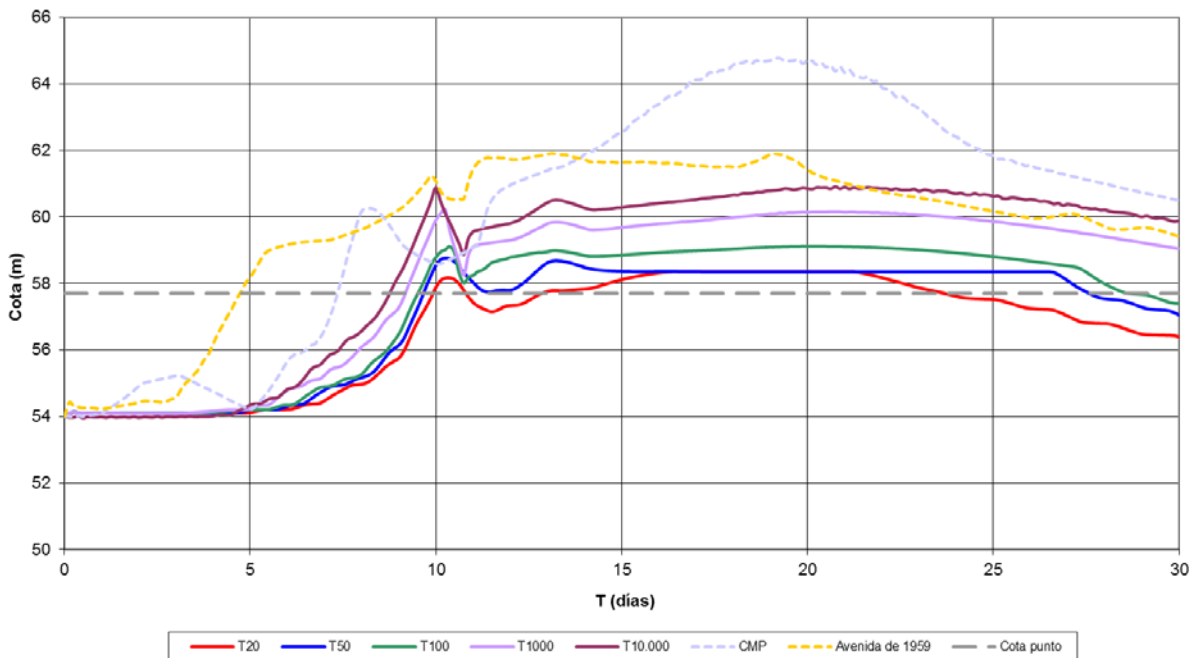


**Figura 4–12. Paso de los Toros. Hidrogramas**



En la figura a continuación se representan las cotas alcanzadas por el nivel de agua en el cauce, para cada una de las crecidas estudiadas, en el punto del cauce donde se sitúa la población. Con el fin de poder comprobar el nivel de afección, se ha incluido una línea que representa la cota mínima de afección.

**Figura 4–13. Paso de los Toros. Niveles de agua**



Del análisis del gráfico anterior se observan varias situaciones significativas. La primera de ellas es que para cualquiera de las crecidas estudiadas se produce inundación en la población. Para alguno de los casos son unos centímetros (65 cm para  $T=20$  años) y para otros es superior a 7 metros (7,06 m para la CMP). En casi todos los casos la duración de la inundación es superior a los 15 días.

Lo siguiente que se puede observar es la existencia de dos valores superiores. Esta circunstancia se produce al llegar antes el valor máximo del hidrograma de la cuenca propia que el máximo del caudal erogado por la presa del Dr. Gabriel Terra. Esto provoca que, para el periodo de retorno de 50 años se produzca un primer intervalo de inundaciones, de 24 horas de duración. Posteriormente el nivel del agua baja para luego volver a subir provocando una nueva inundación de duración de 17 días y 12 horas. Para el periodo de retorno de 20 años la primera punta alcanza el nivel mínimo de inundación a los 10 días y tiene una duración de unas 21 horas. Posteriormente baja de la cota de mínima inundación para volver a superarla alrededor del día 13 y se mantiene inundado durante 11 días.

Para el resto de las crecidas estudiadas se alcanza la cota mínima de afección entre el día 5 y el día 9 manteniéndose sobre esa cota hasta el final de la simulación para los periodos de retorno superiores a 100 años.

En la tabla siguiente se muestran los valores numéricos más significativos.

**Tabla 4-5. Paso de los Toros. Tabla de resultados**

Nombre	Paso de los Toros				Cota mínima	57,7	
Periodo de retorno	Caudal		Niveles		Velocidades	Calados	
	Max (m³/s)	T.Max	Max (m)	Tiempo	m/s	Max (m)	Tiempo
20	4.933,54	16 d 3 h	58,36	16 d 6 h	1,62	0,65	16 d 6 h
50	5.028,00	13 d 3 h	58,76	13 d 3 h	1,65	1,06	13 d 3 h
100	5.595,53	20 d 0 h	59,11	20 d 3 h	1,69	1,41	20 d 3 h
1000	6.509,58	20 d 15 h	60,21	10 d 6 h	1,90	2,51	10 d 6 h
10000	7.161,73	20 d 9 h	60,91	20 d 18 h	2,05	3,21	20 d 18 h
CMP	11.542,35	19 d 0 h	64,76	19 d 6 h	2,09	7,06	19 d 6 h
1959	7.237,09	15 d 0 h	61,91	19 d 3 h	2,15	4,21	19 d 3 h

Los calados para los periodos de retorno de 20 y 50 años (avenidas ordinarias) son de 65 y 1,06 cm respectivamente. Se puede afirmar que existe afección a la población. La zona afectada se encuentra principalmente en la parte sur de la población. La inundación se produciría para áreas muy similares en ambos periodos de retorno y llegaría a alcanzar cerca de 400 m desde el cauce.

Para las avenidas extraordinarias la extensión de la zona inundable alcanzaría los 650 m tanto por el sur como por el este de Paso de los Toros. Para estos periodos de retorno los valores de calado son superiores al metro pudiendo considerar la afección como grave.

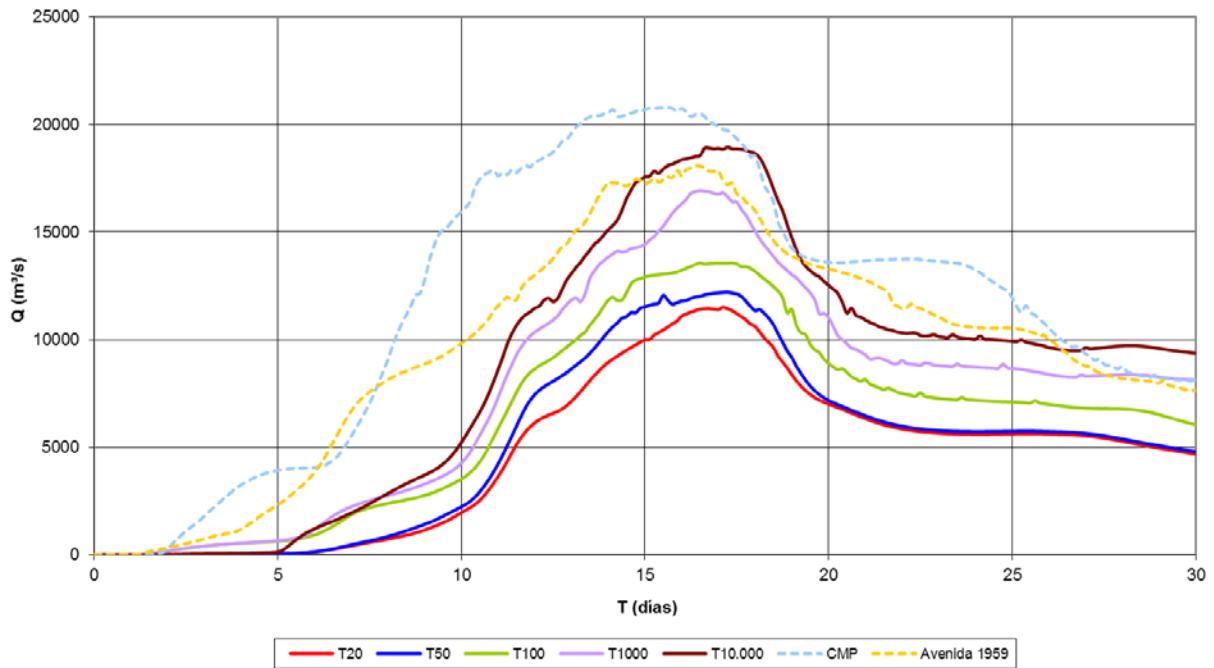
#### **4.6. Puente Ruta 2 (Mercedes)**

En la población de Mercedes la Ruta 2 cruza el río Negro mediante un puente de longitud cercana a los 400 metros. Se ha considerado como cota de afección la cota del tablero del puente, 15 m.

En la siguiente figura se muestran los hidrogramas de las distintas crecidas simuladas a su paso por el puente. El puente se sitúa a unos 97 kilómetros aguas abajo de la presa de Constitución. Los

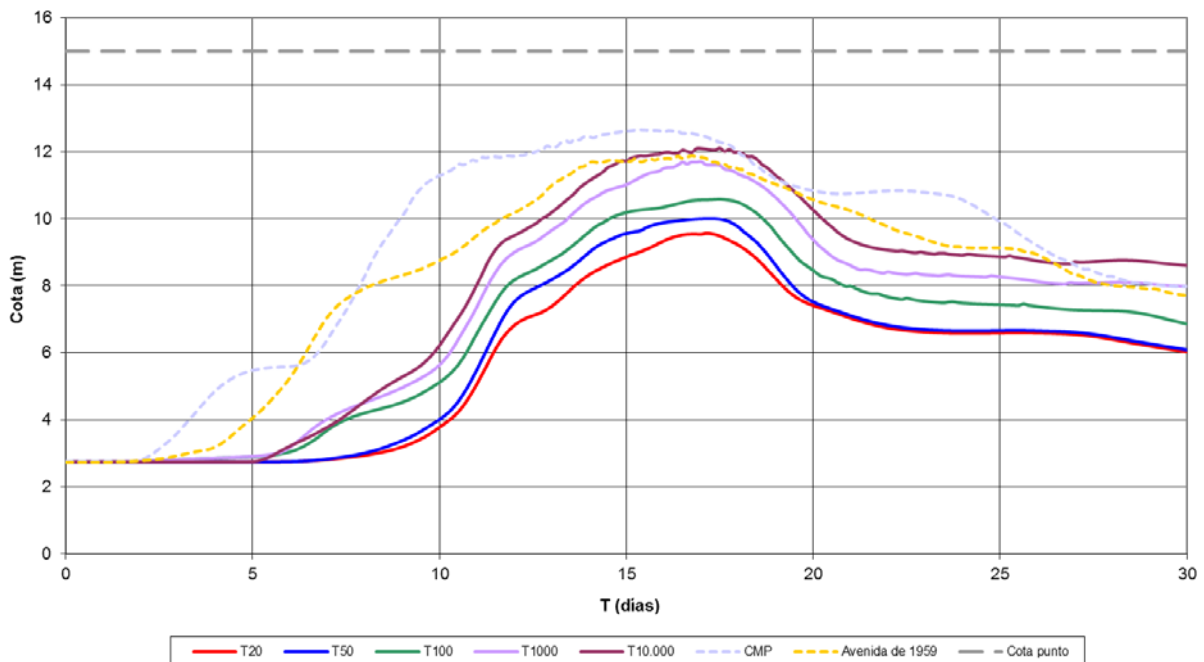
hidrogramas que llegan a la zona serán la suma de los erogados de la presa, los aportados por los afluentes y los de la cuenca propia.

**Figura 4–14. Puente Ruta 2 (Mercedes). Hidrogramas**



En la figura a continuación se representan las cotas alcanzadas por el nivel de agua en el cauce, para cada una de las crecidas estudiadas, en el punto del cauce donde se sitúa el puente. Con el fin de poder comprobar el nivel de afección, se ha incluido una línea que representa la cota mínima de afección (tablero del puente).

**Figura 4–15. Puente Ruta 2 (Mercedes). Niveles de agua**



Al comprobar los resultados numéricos de nivel de agua en el cauce se comprueba que ninguna crecida de las estudiadas supera la cota a la que se sitúa el tablero del puente.

En la tabla siguiente se muestran los valores numéricos más significativos. Al no superarse el tablero del puente los valores de calados y tiempos asociados reflejados en la tabla son cero.

**Tabla 4–6. Puente Ruta 2 (Mercedes). Tabla de resultados.**

Nombre	Puente Ruta 2 (Mercedes)				Cota mínima	15	
Periodo de retorno	Caudal		Niveles		Velocidades	Calados	
	Max (m <sup>3</sup> /s)	T.Max	Max (m)	Tiempo	m/s	Max (m)	Tiempo
20	11.511,69	17 d 3 h	9,57	17 d 3 h	1,85	0,00	0,00
50	12.204,23	17 d 6 h	10,01	17 d 6 h	1,98	0,00	0,00
100	13.564,07	17 d 9 h	10,59	17 d 12 h	1,98	0,00	0,00
1000	16.929,82	16 d 12 h	11,71	17 d 0 h	2,06	0,00	0,00
10000	18.946,67	17 d 6 h	12,11	17 d 12 h	2,10	0,00	0,00
CMP	20.799,39	15 d 15 h	12,65	15 d 9 h	2,27	0,00	0,00
1959	18.062,46	16 d 9 h	11,89	16 d 9 h	2,08	0,00	0,00

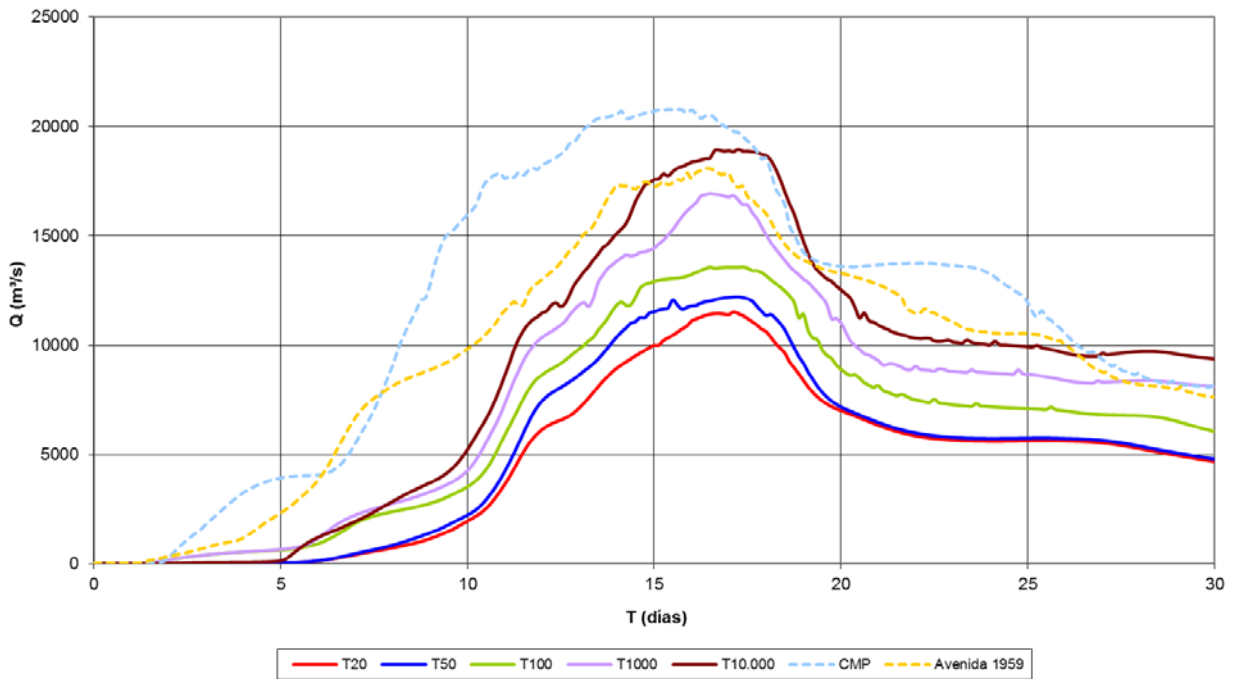
#### 4.7. Mercedes

A unos 97 kilómetros aguas abajo de la presa de Constitución y a unos 52 kilómetros de la desembocadura del río Negro en el río Uruguay se encuentra la población de Mercedes (41.975 habitantes<sup>4</sup>). Se encuentra muy cercana al río Negro en la margen izquierda del cauce. En este punto las edificaciones más cercanas al cauce se encuentran a cotas por encima de 6,13 m, que será la cota mínima de afección.

En la siguiente figura se muestran los hidrogramas de las distintas crecidas simuladas a su paso por la población.

<sup>4</sup> Fuente Instituto Nacional de Estadística de Uruguay (INE). Censo 2.011.

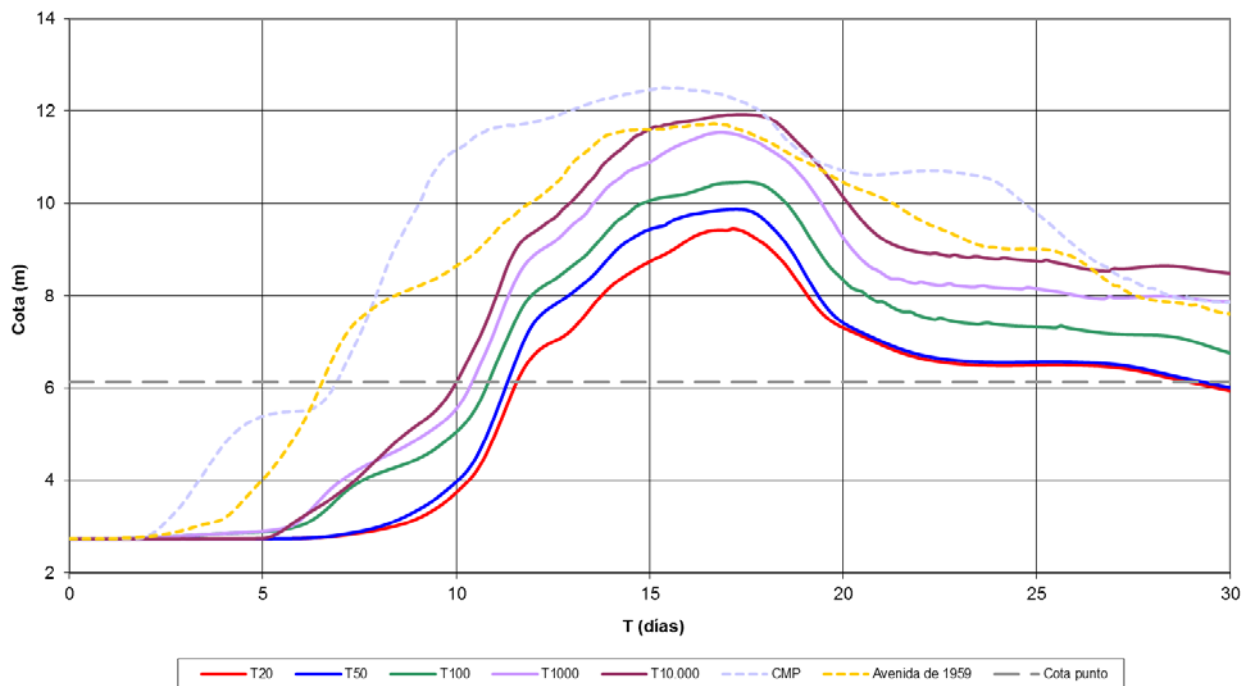
Figura 4–16. Mercedes. Hidrogramas



En la figura anterior se puede comprobar que los valores máximos de los hidrogramas, para los periodos de retorno entre 20 y 10.000 años, se sitúan en un intervalo de tiempo cercano al día 17. Para la CMP y la avenida del año 1959 estos máximos se producen en el día 15 días y 9 horas y a los 16 días y 18 horas respectivamente.

En la figura a continuación se representan las cotas alcanzadas por el nivel de agua en el cauce, para cada una de las crecidas estudiadas, en el punto del cauce donde se sitúa la población. Con el fin de poder comprobar el nivel de afección, se ha incluido una línea que representa la cota mínima de afección.

Figura 4–17. Mercedes. Niveles de agua



Todas las crecidas analizadas producirían inundación en la población. Los valores numéricos obtenidos reflejan calados de inundación entre 3,32 y 6,37 metros. El valor máximo de calado en las crecidas asociadas a periodos de retorno se encuentra cercano al día 17.

Para los caudales asociados a periodos de retorno la inundación se inicia alrededor de los días 10 y 11 desde el inicio de la crecida y dura hasta pasados los 29 días. La inundación para la CMP y la avenida de 1959 se inicia con anterioridad, cercano al día 7.

En la tabla siguiente se muestran los valores numéricos más significativos.

**Tabla 4–7. Mercedes. Tabla de resultados**

Nombre	Mercedes				Cota mínima	6,13	
Periodo de retorno	Caudal		Niveles		Velocidades	Calados	
	Max (m³/s)	T.Max	Max (m)	Tiempo	m/s	Max (m)	Tiempo
<b>20</b>	11.511,01	17 d 3 h	9,45	17 d 3 h	1,85	3,32	17 d 3 h
<b>50</b>	12.504,84	17 d 3 h	9,87	17 d 6 h	1,98	3,74	17 d 6 h
<b>100</b>	13.843,98	17 d 12 h	10,47	17 d 12 h	1,98	4,34	17 d 12 h
<b>1000</b>	17.993,60	16 d 21 h	11,54	16 d 21 h	2,06	5,41	16 d 21 h
<b>10000</b>	19.871,68	17 d 6 h	11,93	17 d 6 h	2,10	5,80	17 d 6 h
<b>CMP</b>	22.185,14	15 d 12 h	12,50	15 d 9 h	2,27	6,37	15 d 9 h
<b>1959</b>	18.882,38	16 d 18 h	11,73	16 d 15 h	2,08	5,60	16 d 15 h

Del análisis de los planos incluidos en el Apéndice 1 se puede observar la progresión en planta de la inundación. En cuanto a su extensión, el agua se llega a internar en la población entre dos y cuatro manzanas. El área máxima afectada es una franja que se extiende hasta 600 m tierra adentro en la zona inmediatamente aguas abajo del puente de la Ruta 2 reduciéndose a unos 500 m en la zona más al oeste de la población.

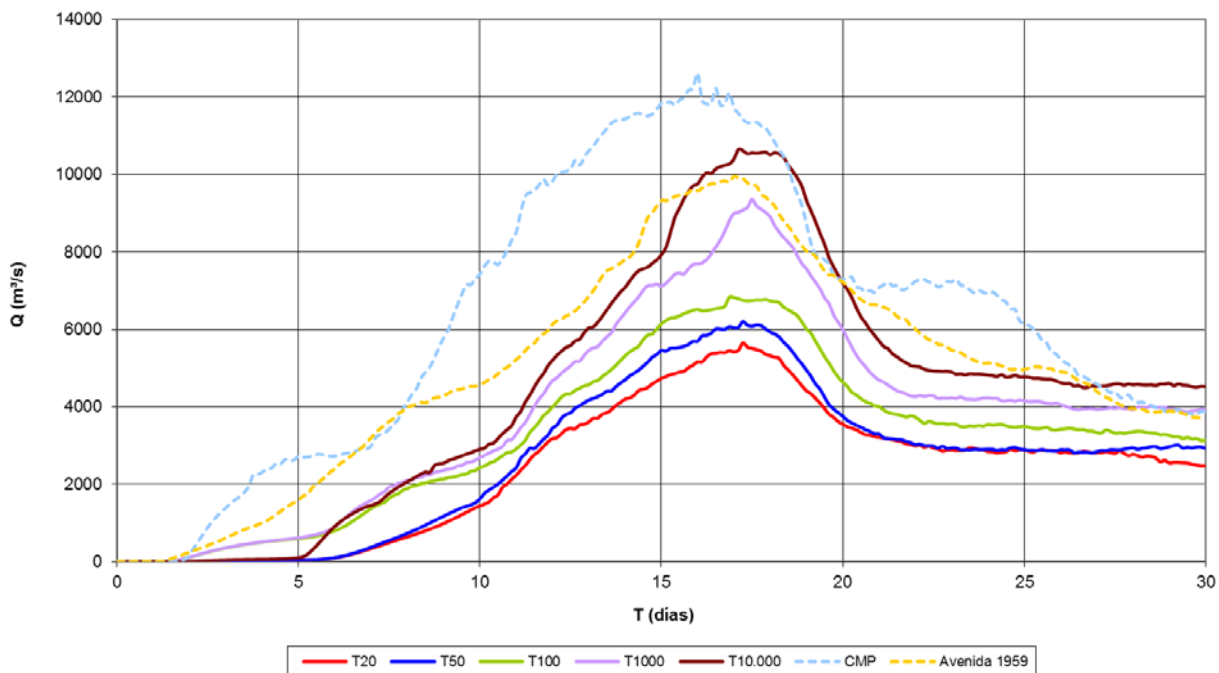
#### **4.8. Villa Soriano**

La última población antes de la desembocadura del río Negro en el río Uruguay es Villa Soriano (1.124 habitantes<sup>5</sup>). Esta población se encuentra a unos 8 kilómetros del río Uruguay. En este punto las edificaciones más cercanas al cauce se encuentran a cotas por encima de 2,02 m, que será la cota mínima de afección.

En la siguiente figura se muestran los hidrogramas de las distintas crecidas simuladas a su paso por la población.

<sup>5</sup> Fuente Instituto Nacional de Estadística de Uruguay (INE). Censo 2.011.

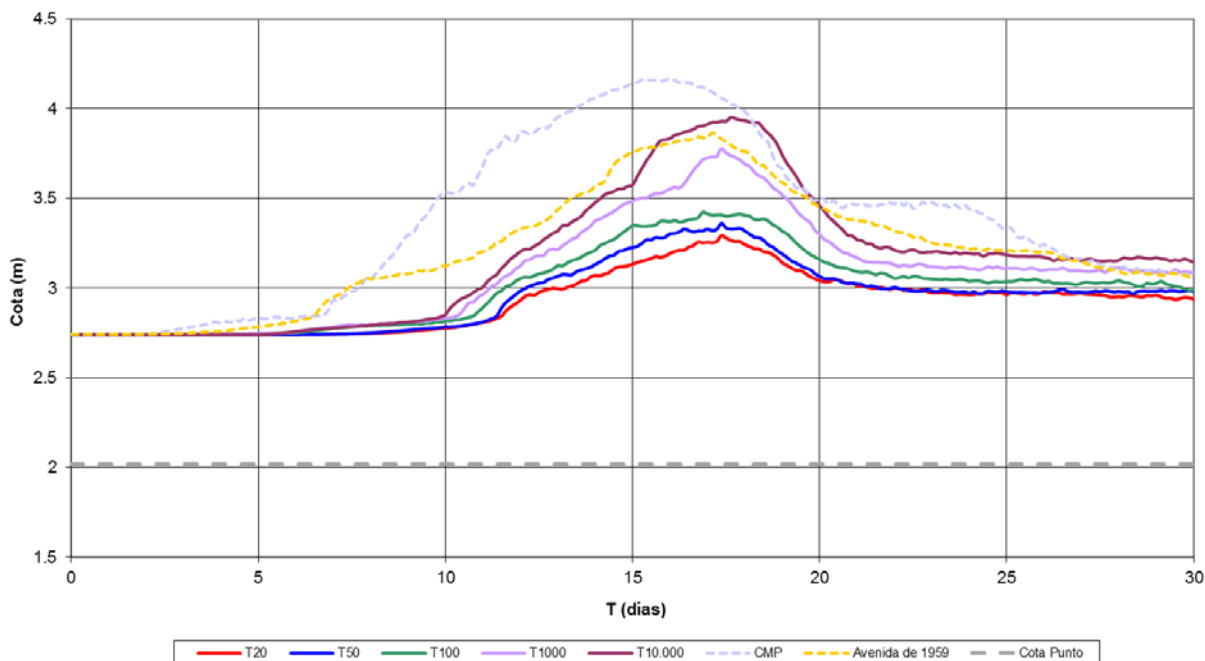
**Figura 4–18. Villa Soriano. Hidrogramas**



Los picos de los hidrogramas, para los periodos de retorno entre 20 y 10.000 años, se sitúan en un intervalo de tiempo cercano al día 17. Para la CMP y la avenida del año 1959 estos máximos se producen a los 16 días y a los 16 días y 18 horas respectivamente.

En la figura a continuación se representan las cotas alcanzadas por el nivel de agua en el cauce, para cada una de las crecidas estudiadas, en el punto del cauce donde se sitúa la población.

**Figura 4–19. Villa Soriano. Niveles de agua**



En Villa Soriano se produce una situación de inundaciones para cualquier crecida estudiada que no depende exclusivamente del caudal que circula por el cauce. En este punto de estudio el inicio de la inundación viene provocado por el nivel de agua en el río Uruguay. Esta condición de contorno se ha



obtenido a partir de los datos recopilados por DINAGUA entre 1996 y 2011 como se indicó en el informe de “Hipótesis y condiciones para la elaboración de mapas de inundación” elaborado en mayo de 2013. En este informe se indicaba que el nivel en el río Uruguay considerado para las simulaciones es el medio de la serie de máximos anuales, 2,74 m.

El valor máximo de calado en las crecidas asociadas a periodos de retorno se encuentra cercano al día 17.

En la tabla siguiente se muestran los valores numéricos más significativos.

**Tabla 4–8. Villa Soriano. Tabla de resultados**

Nombre	Villa Soriano				Cota mínima	2,02	
Periodo de retorno	Caudal		Niveles		Velocidad	Calados	
	Max (m³/s)	T.Max	Max (m)	Tiempo	m/s	Max (m)	Tiempo
20	5.645,36	17 d 6 h	3,29	17 d 9 h	0,78	1,27	17 d 9 h
50	6.197,05	17 d 6 h	3,36	17 d 9 h	0,87	1,34	17 d 9 h
100	6.831,19	16 d 21 h	3,42	16 d 21 h	0,99	1,40	16 d 21 h
1000	9.352,53	17 d 12 h	3,78	17 d 9 h	1,07	1,76	17 d 9 h
10000	10.644,04	17 d 3 h	3,95	17 d 15 h	1,18	1,93	17 d 15 h
CMP	12.604,05	16 d 0 h	4,17	16 d 0 h	1,28	2,15	16 d 0 h
1959	9.942,64	17 d 0h	3,87	17 d 0 h	1,17	1,85	17 d 0 h

Del análisis de los planos incluidos en el Apéndice 1 se puede observar la progresión en planta de la inundación. La principal conclusión es que se produce afección para cualquiera de las hipótesis consideradas. En cuanto a su extensión, el agua se llega a internar en la población por las zonas norte, este y oeste. La zona inundada llega a superar la mitad de la población.



# **CAPÍTULO 5**

## **TÉCNICOS INTERVINIENTES**



## **5. TÉCNICOS INTERVINIENTES**

Autores:

- Ing. Peter Torp Larsen, M.Sc.
- Ing. Alejandro Lasarte, M.Sc.

Revisor:

- Ing. Armando Molina.



**ANEXO 1**  
**PLANOS DE INUNDACIÓN**  
**DE CRECIDAS**





Núm.	Nombre plano	Escala
1	Plano general y distribución de hojas 1:50.000 para las crecidas	1:1.000.000
2	Plano general y distribución de hojas 1:10.000 para las crecidas	1:1.000.000
3	Zona inundable para un tiempo de retorno T = 20 años	1:50.000
4	Zona inundable en poblaciones para un tiempo de retorno T = 20 años	1:10.000
5	Zona inundable para un tiempo de retorno T = 50 años	1:50.000
6	Zona inundable en poblaciones para un tiempo de retorno T = 50 años	1:10.000
7	Zona inundable para un tiempo de retorno T = 100 años	1:50.000
8	Zona inundable en poblaciones para un tiempo de retorno T = 100 años	1:10.000
9	Zona inundable para un tiempo de retorno T = 1.000 años	1:50.000
10	Zona inundable en poblaciones para un tiempo de retorno T = 1.000 años	1:10.000
11	Zona inundable para un tiempo de retorno T = 10.000 años	1:50.000
12	Zona inundable en poblaciones para un tiempo de retorno T = 10.000 años	1:10.000
13	Zona inundable para la Crecida Máxima Probable	1:50.000
14	Zona inundable en poblaciones para la Crecida Máxima Probable	1:10.000
15	Zona inundable para la avenida de 1959	1:50.000
16	Zona inundable en poblaciones para la avenida de 1959	1:10.000
17	Zona inundable para la avenida de 1959. Caso de rotura de la presa de Baygorria.	1:50.000
18	Zona inundable en poblaciones para la avenida de 1959. Caso de rotura de la presa de Baygorria.	1:10.000

Los planos 17 y 18 se inician en la presa de Baygorria pero mantienen la numeración recogida en los planos 1 y 2 de distribución de hojas para mantener la visualización de cada zona con el mismo número.



**SE ADJUNTA CARPETA  
DE PLANOS**