

# CONTROL DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE TACUAREMBO - URUGUAY

Ing. Alejandro Capeluto, Dr. Ing. Luis Teixeira y Bach. Guillermo López

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA). Facultad de Ingeniería. Universidad de la República.

J. Herrera y Reissig 565, CP 11300, Montevideo, Uruguay.

Tel: (+5982) 711 52 76 interno 116.

E-mail: capeluto@fing.edu.uy - luistei@fing.edu.uy - glopez@fing.edu.uy

## Introducción

Al igual que el resto de las capitales departamentales del Uruguay, Tacuarembó se encuentra emplazada sobre las márgenes de un río, el Tacuarembó Chico, perteneciente a la cuenca del río Negro; el cual al tiempo que proporciona ciertos elementos básicos para el desarrollo de la actividad en la ciudad (agua potable, alejamiento de aguas residuales, entorno paisajístico, etc.), ocasiona serios inconvenientes y pérdidas en ocasión de las inundaciones por desbordes de su cauce. En los últimos años, en particular a partir del año 1990, la problemática de las inundaciones aumentó en frecuencia y severidad.

Este caso resulta emblemático de la interacción que se presenta en el ecotono río-ciudad, pudiendo tanto su análisis, como las posibles soluciones hacerse extensivas a varios casos a escala nacional.

Si bien históricamente la problemática de las inundaciones cuenta ya con larga data en el Uruguay, resultan escasos los proyectos y emprendimientos realizados a los efectos de solucionar dichas situaciones.

## Objetivos

Este artículo resume los resultados del trabajo desarrollado en el IMFIA, cuyo propósito fue el diagnóstico y la evaluación de alternativas de manejo de las inundaciones en la ciudad de Tacuarembó.

El trabajo se propuso abordar la temática de las inundaciones con una visión de manejo integrado a nivel de cuenca, procurando la consideración de los diversos aspectos que reúne la problemática.

Por su parte, tanto en lo que refiere al diagnóstico, la metodología empleada, como los resultados obtenidos, se procuró obtener criterios de utilidad para abordar situaciones similares existentes en varias ciudades del país.

## Metodología

En este trabajo se realiza en primer lugar un diagnóstico de la situación planteada, considerando la realidad de ocupación territorial, así como el análisis estadístico de datos de precipitaciones, que permita detectar un posible aumento de la frecuencia de presentación de eventos extremos de precipitación, vinculado a fenómenos de cambios climáticos o ciclos climáticos hiper-anales.

Para el caso de estudio se realizaron los modelos hidrológico e hidrodinámico de la cuenca, cuya esquematización se presenta en la figura 1, lo que permitió el análisis de diferentes alternativas de manejo. Se empleó un análisis multicriterio para la determinación de la solución más adecuada y se analizó en particular la posibilidad del uso de medidas estructurales y no estructurales. El análisis multicriterio empleado incluyó

las dimensiones económicas, sociales, ambientales y técnicas del problema

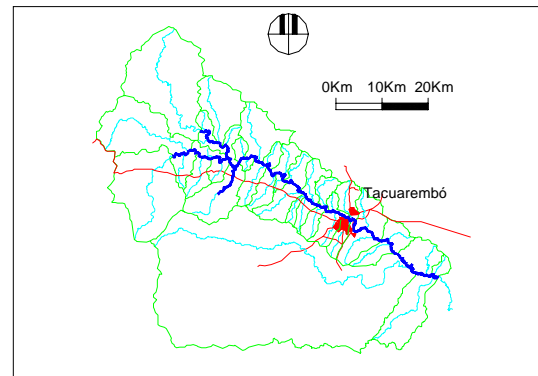


Figura 1.- Esquema de las Cuenas y del Tramo de Río Modelado

Finalmente se realizó un análisis probabilístico de la fiabilidad de las medidas estructurales seleccionadas. En este caso se consideraron, además de la precipitación y su período de retorno, como es usual, otras variables aleatorias que pueden incidir en el valor del riesgo de falla de la obra. En particular se estudió la incidencia que tiene sobre ese valor estadístico el considerar como variables aleatorias el tiempo de concentración de las cuencas de aporte, los coeficientes de Manning de los cauces, y los coeficientes de pérdida de carga de las estructuras involucradas. En ese análisis probabilístico se emplearon métodos de Nivel II.

## Resultados

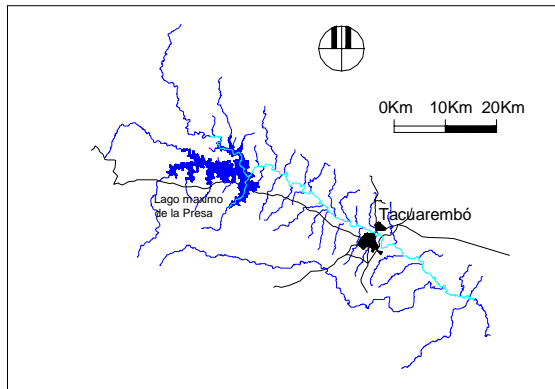
La ocupación de la planicie de inundación resultó ser una de las causas obvias de los problemas de inundación que se han presentado históricamente, en ésta y otras ciudades del Uruguay. En los últimos años, particularmente en la década de los años 90, este problema ha adquirido cada vez mayor relevancia, vinculado también, como se pudo establecer, a un aumento de la frecuencia de presentación de eventos extremos de precipitación.

Del análisis multicriterio empleado surgió la recomendación de una presa reguladora como alternativa de obra para el control de inundaciones en la ciudad de Tacuarembó, cuya ubicación se indica en la figura 2. Esta recomendación surge del análisis comparativo entre diversas medidas estructurales, identificadas a partir de la interacción desarrollada por el equipo de trabajo con los pobladores de la ciudad:

- Dragado del cauce en un tramo del río
- Abertura de los dos puentes ubicados en la ciudad
- Construcción de un dique costero
- Construcción de una presa de regulación

Junto con esta medida se deben priorizar la definición y aplicación de reglamentaciones y políticas de ordenación territorial. Fueron evaluadas también otras medidas no estructurales tales como el traslado de población desde las

zonas con riesgo de inundación, establecidas mediante el modelo hidrodinámico implementado.



**Figura 2.-** Esquema de Ubicación de la Presa Reguladora.

En el análisis de fiabilidad de la presa frente al mecanismo de falla por sobrepasamiento se puso de manifiesto la incidencia que tiene sobre la fiabilidad de la obra el manejo de las nuevas variables aleatorias consideradas, además de la precipitación. A partir de este análisis se concluye que la falla de la obra se da para eventos de precipitación con períodos de retorno menores que los estimados de acuerdo al análisis tradicional (tomando solo en cuenta la precipitación).

## Conclusiones

Se presenta un diagnóstico de la problemática de las inundaciones urbanas en Uruguay, concluyéndose que el notorio aumento de la frecuencia e intensidad de estos fenómenos en la última década está vinculado, por un lado a alteraciones en la ocupación del territorio y por otro al aumento registrado en las precipitaciones, en particular la intensidad de las mismas y por tanto a la disminución del periodo de retorno de los eventos de pluviosidad extremos. El último fenómeno señalado se vincula a su vez con pautas de variabilidad climática de la región, correlacionadas con el Fenómeno de El Niño.

Se analiza un caso particular de una ciudad, que puede ser considerado paradigmático en relación a otras importantes ciudades del país. En ese caso, a partir del análisis multicriterio y apoyados en evaluaciones de riesgo modernos, se definieron medidas de control de inundación de tipo estructural (presa de regulación), junto con medidas de tipo no estructural (reglamentaciones y políticas de ordenación territorial).

El uso de herramientas de análisis probabilístico que incorpora la consideración de otras variables aleatorias, además de la precipitación, muestra que la seguridad de las estructuras diseñadas para el control de las inundaciones, es significativamente menor al valor obtenido con el método tradicional. Esta última aseveración permite concluir además en la necesidad de la adecuación de las normativas de diseño, incorporando la metodología planteada en este trabajo.

La metodología empelada, así como los resultados obtenidos, constituyen uno de los primeros análisis de este tipo en Uruguay y permiten la adecuación a las condiciones de países en vías de desarrollo de metodologías y concepciones actualmente en discusión y evolución a nivel internacional.

Una experiencia relevante a señalar fue la participación de los pobladores y la consecuente interacción desarrollada en las distintas etapas de ejecución del proyecto, en particular en las instancias de discusión del diagnóstico, así como en la identificación y selección de la alternativa elegida.