

II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras

Santa Fe, Argentina, 22 al 26 de septiembre de 2014

Evaluación del desagüe existente y proyectado con un modelo dual: cuenca arroyo del Gato, La Plata, Buenos Aires, Argentina

Pablo G. Romanazzi¹ y Arturo J. Urbiztondo¹

¹ Unidad de Investigación y Desarrollo en Hidrología, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), calle 47 N° 200, 1er. Piso, Of. 6, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina

Mail de contacto: promanazzi@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

La evaluación de la inundación del 2 de abril de 2013 en La Plata ha originado múltiples estudios para tratar de gestionar a futuro el riesgo de un evento igual o superior. Siempre aparece el interés por determinar el desempeño de las obras de desagüe existente y las del paquete de proyectos que se tuvo en cartera para afrontar un evento no contemplado y tan extremo como el mencionado. Resulta obvio que los niveles de servicio de lo disponible antes del 2 de abril no tienen comparación con la exigencia que imponen 300 mm de precipitación sin amainar en el transcurso de 3 horas. No obstante, se evalúa aquí la capacidad de sobrecarga del sistema y los beneficios que aún puede aportar, en especial, si no se han alcanzado los límites físicos de su potencial crecimiento. La herramienta utilizada es el modelo SWMM configurado en forma dual, con distintas formas de simular el almacenamiento y la trayectoria superficial de los excedentes generados por diferentes tormentas (2002, 2008 y 2013). El tiempo de residencia de las aguas y la dinámica misma de la inundación son las claves para calificar la situación actual en la cuenca del arroyo del Gato.

Palabras clave: simulación dual, hidrología de superficie, inundaciones.

ABSTRACT

Several sewer system evaluations have been performed due to the disaster experimented during the extreme flood event in 2013 at La Plata. Existing design levels of the sewer system were obviously non compatible with the severe extreme event experimented on April 2013, when it was experimented an interrupted rainfall of a 300 mm along 3 hours. Nevertheless, interest to overtake this situation is being oriented to the performance of the actual drainage and its overload capacity. Dual simulation with SWMM model were carried out in order to estimate water time of residence and the hydrodynamic characteristic of floods for different storm events (2002, 2008 and 2013). The comparison among them describes the actual situation in arroyo del Gato catchment.

Keywords: dual simulation, surface hydrology, floods.

1 INTRODUCCIÓN

La cuenca del arroyo del Gato es una de las más extensas de la región Gran La Plata, la más densamente poblada y la que contiene en su territorio a la mayoría de las actividades industriales y agrícolas que se desarrollan en el presente. Es colindante en el sector NE con el sistema que forman los arroyos Rodríguez – Don Carlos; en el sector sur con la cuenca del arroyo del Zoológico y la del arroyo Maldonado; y en cabecera comparte sus divisorias de aguas con la cuenca del Río Samborombón (Fig. 1a). La mayor parte de la superficie de la cuenca del arroyo del Gato se ubica en el sector central del partido de La Plata e involucra en extensión a más de la mitad del casco fundacional de la ciudad homónima y 12 centros comunales periféricos (Fig. 1b).

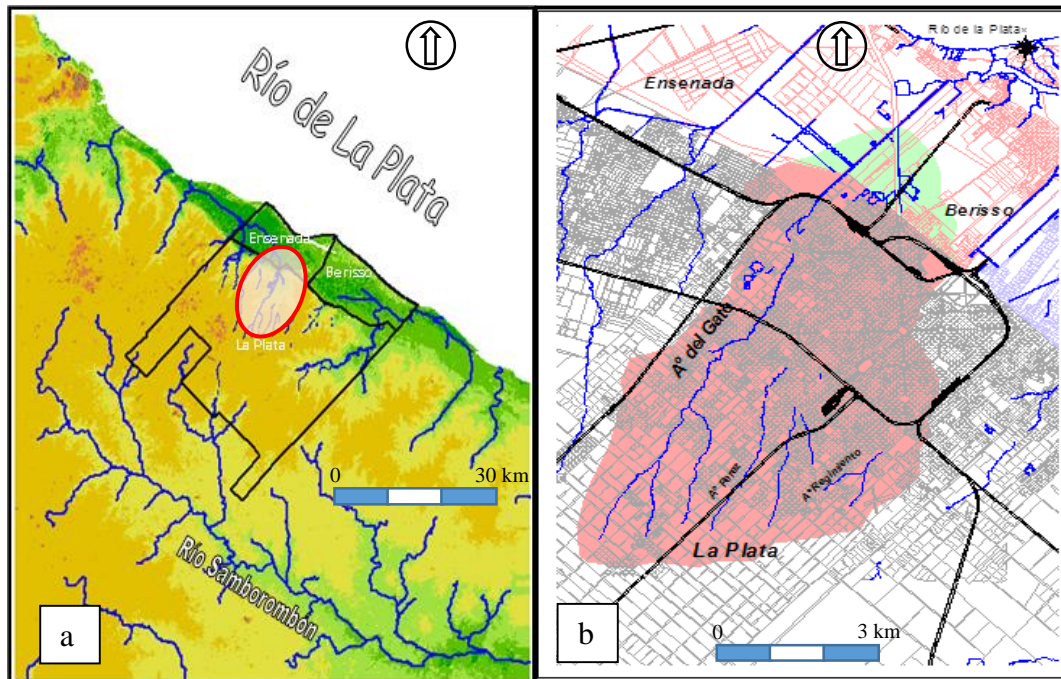


Figura 1 – Ubicación cuenca del A° del Gato en la red hídrica regional (NASA-SRTM, 2000)

De acuerdo con los datos del Censo 2010, en esta unidad geográfica se asentaban alrededor de 351.700 habitantes, lo cual correspondía en ese momento a más del 40% de la población total del partido de La Plata. En la actualidad se estima que esa cifra se pudo haber superado, en especial, por el crecimiento ininterrumpido que han experimentado los barrios ubicados al SO de la periferia del casco fundacional.

Tomando como sección de control o cierre de la cuenca a la desembocadura del canal principal del arroyo del Gato en el Río Santiago, la superficie de la cuenca se aproxima a unas 12.400 Ha., involucrando así al sector de la misma que afecta al partido de Ensenada. Si el cierre de la cuenca se elige en la intersección del canal principal del arroyo con el puente de la línea del Ferrocarril Roca (LGR), entonces la superficie de la misma es de aproximadamente 9800 Ha.

Como puede apreciarse en la Fig. 1b, los principales tributarios del curso principal son los arroyos Pérez y del Regimiento que ingresan al sistema pluvial subterráneo existente en su encuentro con los barrios periféricos del SO platense (San Carlos y del Cementerio, respectivamente). Estos tramos subterráneos de los arroyos constituyen la fuente más importante de vulnerabilidad a las inundaciones dado que su capacidad de conducción es muy limitada frente a la exigencia que impuso en las últimas décadas la urbanización y la ocupación del territorio para actividades agrícolas en las nacientes de los mismos.

Ese factor, en combinación con los eventos severos de precipitación experimentados en la región, explica en gran parte la gravedad de las últimas inundaciones en el sector medio y bajo de la cuenca del arroyo del Gato.

Desde el Laboratorio de Hidrología de la UNLP se ha informado a lo largo de los últimos 20 años (Picandet, 1993; Barbero, 1999; Romanazzi et al., 2005, 2007a y 2011) que el desagüe pluvial de La Plata no ha tenido un crecimiento acorde con el resto de la infraestructura urbana: apertura y pavimentación de calles, re-densificación edilicia y ocupación del territorio por nuevos emprendimientos inmobiliarios (muchos de ellos hasta el borde mismo del cauce permanente de los arroyos, ocupando así gran parte de la planicie lateral de su cauce mayor) y asentamientos precarios, entre otros.

El progreso del sistema global de desagües de esta cuenca no respondió a esta nueva demanda urbanística y ha sido sistemáticamente postergado durante más de 5 décadas (el último troncal de envergadura cuyo eje sigue la Avenida 25 se ejecutó en la década del '60). Para verificar esta situación (Tabla 1), se computó el crecimiento del sistema pluvial subterráneo entre 1993 y 2003, eligiendo como variables testigo a las longitudes de los conductos y sumideros. Se pudo comprobar así que el incremento consignado (22% aproximadamente en ambos casos) sólo corresponde a la evolución de ramales secundarios y terciarios, sin concretarse nuevas ni más amplias conducciones troncales en el desagüe primario hacia el receptor final:

Tabla 1 – Crecimiento del sistema de desagüe pluvial platense en la cuenca del A° del Gato

Variable	Inventario 1993	Inventario 2003	Incremento
Longitud de conductos [m]	93.381	113.776	21,8 %
Longitud de sumideros [m]	3.598	4.373	21,5 %

En efecto, en la Fig. 2 se han representado las sucesivas expansiones que ha tenido el sistema en torno a la periferia o como extensión de lo existente sin haberse producido, entre esos hitos de actualización del inventario, ninguna obra de magnitud que acompañara al incremento de la urbanización en los barrios aledaños al casco fundacional, en especial, a los comprendidos en el SO del partido (Hernández, San Carlos, Los Hornos y Altos de San Lorenzo).

Cabe destacar que esta situación se ha mantenido sin cambios desde 2003 hasta el presente, razón por la cual las obras estructurales anunciadas luego de la inundación de abril de 2013 motivan todo tipo de especulaciones, necesidades de evaluación de su eficacia y definición de sus dimensiones.

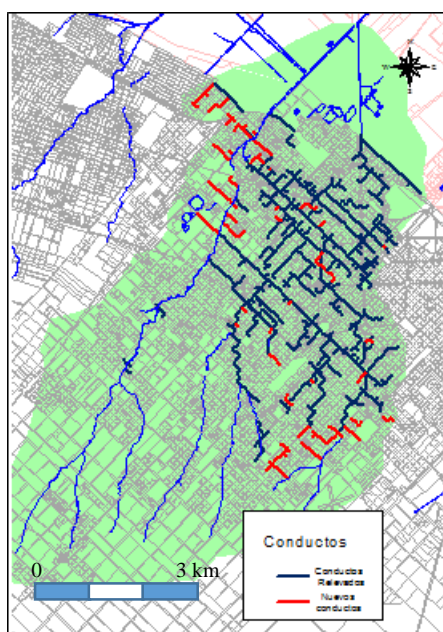


Figura 2 – Evolución del sistema subterráneo de desagüe entre 1993 y 2003

Pueden mencionarse mejoras encaradas por las últimas dos administraciones municipales como el by-pass de la avenida 19, la construcción de reservorios en la avenida 32 y en emplazamientos previos al ingreso del entubado del arroyo Pérez, ampliación y/o reemplazo de ramales (calles 40 y 61), reparación y ampliación de sumideros, así como también la construcción de nuevos puentes de cruce del arroyo principal del Gato, como por ejemplo el ubicado en 3 y 514. Pero en todos los casos, el sistema globalmente sigue respondiendo a un diseño originalmente concebido para una tormenta de proyecto con período medio de retorno de 2 años, con leyes de frecuencia y coeficientes de escorrentía que han quedado desactualizados en función de las últimas evidencias de eventos extremos registrados en la región y el alto crecimiento de la urbanización.

2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Ante este diagnóstico, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el desagüe existente bajo estas nuevas solicitaciones del patrón de tormentas y compararlo mediante simulación numérica con las propuestas disponibles de mejoras estructurales con el ánimo de justipreciar su desempeño al igual que estimar medidas de contingencia. Para realizar esta comparación se hizo uso del modelo dual del sistema de desagüe existente implementado con el programa EPA-SWMM (2014) por el Laboratorio de Hidrología de la UNLP (Romanazzi et al., 2005 y 2007a).

El mismo fue alimentado con los relevamientos exhaustivos llevados a cabo en el período 2003-2005, verificando dimensiones de los conductos principales, completando la información topográfica para definir con la mejor aproximación posible la geometría de las conducciones tanto subterráneas como superficiales. Se relevaron centros de esquina, perfiles transversales en los cursos a cielo abierto, presencia y longitud de sumideros, puentes, alcantarillas y reservorios. Se utilizaron procedimientos tradicionales para el levantamiento planialtimétrico y una campaña con geoposicionadores satelitales (GPS) de doble frecuencia (Fig. 3).



Figura 3 – Tareas de relevamiento en la cuenca del arroyo del Gato

Con toda esta información se configuró un modelo dual compuesto por una discretización del área de aporte en 880 subcuencas, 1780 nodos subterráneos para una red de 1805 tuberías y conducciones principales de sección no circular; y por un sistema mayor de 1650 nodos superficiales adicionales que unen transectas tipo calle como la que se muestra en la Fig. 4.

Ambos sistemas se unen en las cámaras de enlace, representando el nodo “esquina” a la totalidad de los sumideros presentes en ella y conectando al conducto principal bajo calle a través de una tubería de longitud equivalente a la ley de pérdida global del nodo (ley de sumidero con cuneta longitudinal sin hoyo de aproximación). Así, la insuficiencia de captación en un nodo “esquina” es posible transferirla al nodo siguiente a través del sistema de calles. En aquellos sectores en donde no se contaba con conducciones subterráneas, el sistema mayor superficial sigue las pendientes de las calles y en las depresiones del terreno el programa se liberaba para que permita la condición de acumulación de acuerdo a un control del tipo altura – superficie embalsada.

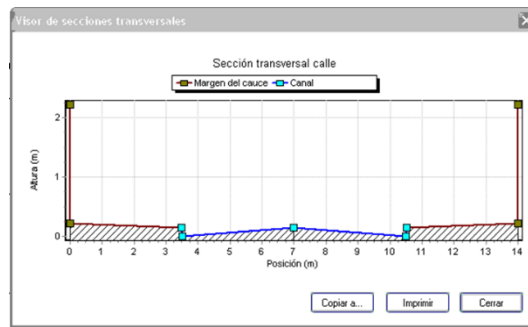


Figura 4 – Sección transversal tipo calle para la simulación del sistema mayor

El modelo en las nacientes fue evaluado como cuenca rural en bloques (sistema agregado) y los aportes fueron ingresados directamente al sistema subterráneo en las embocaduras y alcantarillas existentes, así como también al sistema de calles en aquellos casos en que el desagüe aún se resuelve a superficie libre. Esta parte es la que ha recibido mayor actualización para este trabajo, dado que la urbanización ha progresado rápidamente hacia aguas arriba y por esa razón se decidió correr la línea de ocupación residencial y asentamientos para tener en cuenta la mayor impermeabilización y la nueva circulación por calles formales que ingresan al casco urbano.

En cuanto a la calibración del modelo se llevó a cabo primero un análisis de sensibilidad de aquellos parámetros adoptados para evaluar las pérdidas tanto sean ellas de participación en la ecuación de continuidad (por ejemplo, los parámetros de infiltración de la Ley de Horton) como aquellas que intervienen en la ecuación dinámica del flujo (por ejemplo, el coeficiente de rugosidad de Manning), llegando a la conclusión que con los rangos habituales de estimación de dichos parámetros se obtenían reproducciones aceptables de las manchas de inundación y la dinámica de la misma, dado que el principal factor que determina a nivel macro una buena simulación es la detallada reproducción de las condiciones de contorno, tales como la geometría de las conducciones y las secciones transversales de los escurrimientos a cielo abierto (calles y canalizaciones) motivo por el cual se avaló la inversión realizada en relevamiento durante el desarrollo de los estudios de base. En esta línea también se contrastaron niveles y manchas de inundación producidos por tormentas reales. Una de las primeras fue la que dio origen a estas investigaciones: la tormenta del 27 de enero de 2002, cuyo principal efecto fue la inundación del sector norte de la ciudad de La Plata poniendo en evidencia así también la deficiencia de la conducción del canal principal del A° del Gato. En esa oportunidad, además del modelo SWMM se utilizaron los perfiles transversales relevados durante la campaña del 2003-2005 para aplicarlos a un modelo hidrodinámico (HEC-RAS) teniendo como principal ingreso los caudales que generó para esta tormenta el modelo dual urbano; la comparación con los niveles registrados de la curva de remanso fueron aceptables (diferencias inferiores a los 15 cm; no se reproduce aquí por razones de espacio). También se tuvo oportunidad de calibrar cualitativamente el modelo con una tormenta menor de fecha 1 de marzo de 2007, cuya recurrencia se estima entre 2 y 5 años (pico de la intensidad de 30 mm en 15'). En ese caso, la inundación de mayor notoriedad estuvo concentrada en el barrio Islas Malvinas de La Plata por lo que se recorrió la zona, fotografiando el evento durante su desarrollo, relevando niveles y extensión de la impronta de los anegamientos (Fig. 5).

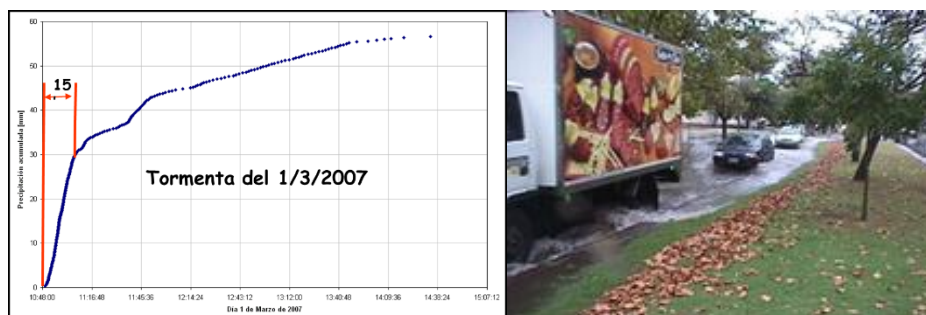


Figura 5 – Hietograma de la tormenta del 1/3/2007 y anegamientos producidos.

3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DESAGÜE PLUVIAL EXISTENTE

3.1 Funcionamiento actual de los desagües

Con la ocurrencia del evento extremo del 27 de enero de 2002, que bloqueó el principal acceso de la ciudad de La Plata, un corte de electricidad masivo y 395 evacuados, se iniciaron estudios exhaustivos (Romanazzi et al., 2007b y 2011) cuyo producto sustancial fue la implementación de un modelo dual (sistema subterráneo más el sistema mayor de calles) de simulación de flujo de excedentes pluviales que permitió identificar las principales zonas críticas inundables (Fig. 6) y advertir sobre la gravedad de la insuficiencia de desagüe detectada.

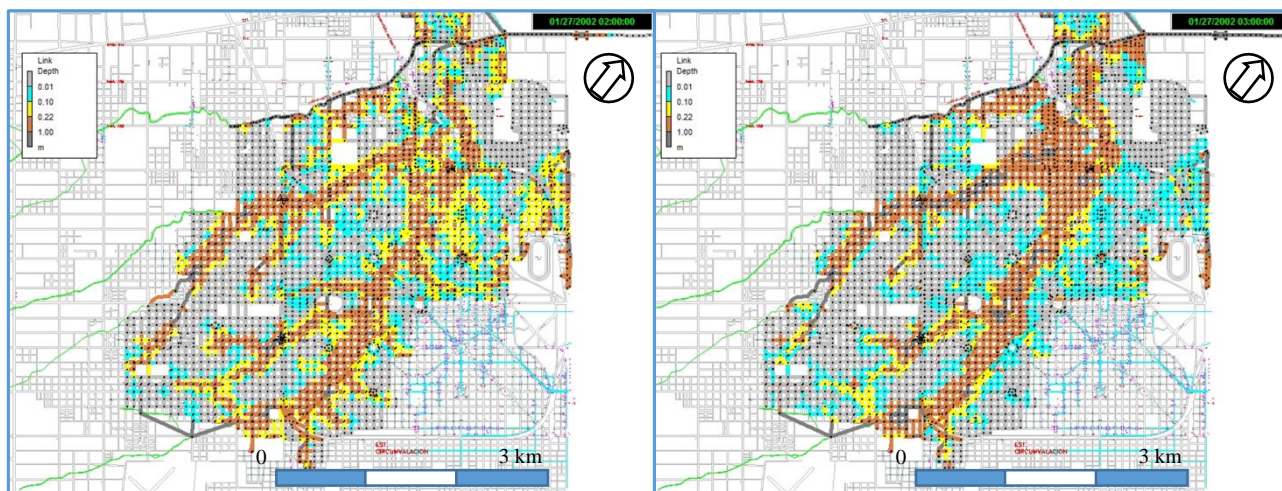


Figura 6 – Impronta de la inundación del 27/01/2002 a 2 horas (izq.) y 3 horas (der.) de iniciada la tormenta

En las manchas de inundación representadas en la Fig. 6 se pueden visualizar en forma nítida las dos corrientes principales que atraviesan el casco urbano de La Plata siguiendo los antiguos cauces de los arroyos Pérez y del Regimiento para acumularse en el bajo territorial de Tolosa (circulo de la imagen derecha). La escala de colores indica que la mancha de color marrón corresponde a una inundación de calle comprendida entre 20 cm y 1 m de profundidad, mientras que la mancha gris dentro de la mancha marrón señala las zonas más peligrosas donde se constataron niveles de inundación mayores a 1 m por encima de la cota del eje de calle (barrios de Plaza Castelli, La Loma, centro de Tolosa, entre otros).

En el marco del Convenio entre la UNLP y la Municipalidad de La Plata se evaluaron una batería de obras estructurales (ensanche y revestimiento del canal principal del arroyo del Gato, aliviadores troncales por avenidas y calles principales, ampliación de los conductos troncales existentes, entre otras). El resultado del análisis de la eficiencia de estas obras (Romanazzi et al., 2007b) demostró que las mismas producían reducciones importantes de los niveles de inundación para tormentas con recurrencia menores a 5 años y que por encima de ese nivel de diseño, en especial para una tormenta como la ocurrida en enero de 2002, el efecto más importante era la disminución de las manchas “grises” (niveles mayores a 1 m) tanto en extensión como en permanencia (Fig. 7).

Finalmente, cabe destacar que la ciudad de La Plata ha experimentado numerosas inundaciones; de acuerdo a las estadísticas llevadas desde 1973 al 2013, la base de datos de desastres Desinventar.org (2013) registra más de 40 casos de inundaciones, lo cual presupone prácticamente un evento de esta naturaleza con frecuencia anual. Pero sin duda, los eventos extremos que más han conmovido a la sociedad platense han sido las tres últimas grandes tormentas de 2002, 2008 y 2013 con 100, 242 y 392 mm de precipitación total caída en un intervalo de 24 hs. Los detalles de estas tormentas y su recurrencia asociada se presentan en un trabajo aparte en este mismo Congreso por lo que se remite a la lectura del mismo (Romanazzi, 2014). Sólo como referencia se puede citar que la magnitud de estas tres tormentas fueron estimadas como el 22%, 44% y 73% de la precipitación máxima probable (PMP) determinada para el Gran La Plata.

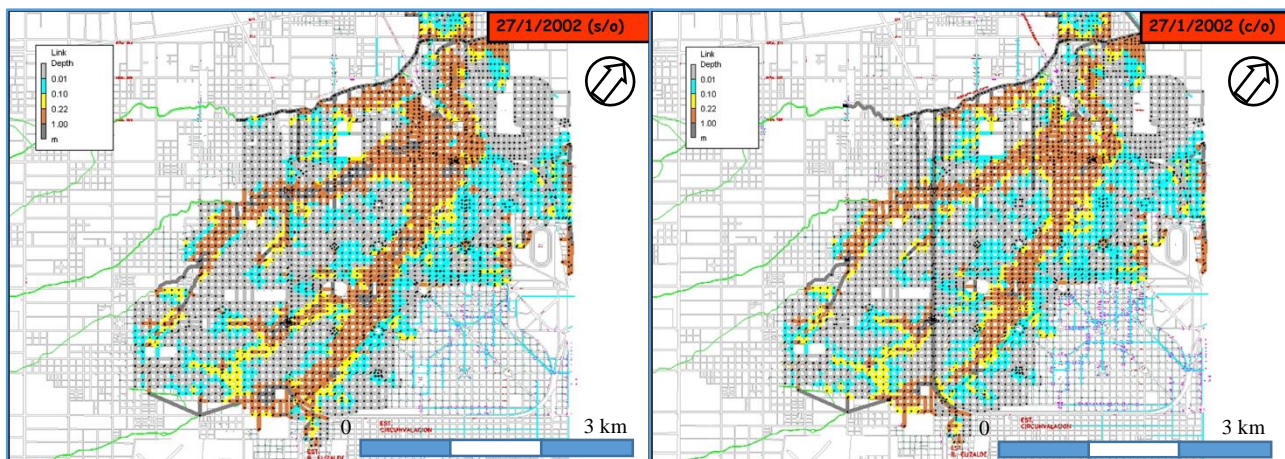


Figura 7 – Simulación del evento del 27/01/2002, sin obras (izq.) y con obras (der.)

También es preciso recordar que la UNLP a través de diversos estudios encomendados por la Municipalidad de La Plata (Romanazzi, 2013) viene señalando el atraso en la evolución del sistema de desagüe. En efecto, Picandet (1993) ya señalaba con toda precisión que: “...los sistemas analizados para la tormenta de recurrencia 2 años son insuficientes para captar y conducir aguas propias...” y en las conclusiones de su trabajo indica claramente que “...de acuerdo a la metodología aplicada, la eficiencia de evacuación de los sistemas estudiados (calles 5, 7, 11 y 18) es del 49 %, resultando muy baja, considerando que parte de lo no captado escurre hacia las zonas bajas sin salida...”, alertando así las inundaciones que se producirían en años posteriores en Tolosa y Ringuélet.

3.2 Características de las medidas estructurales propuestas

Como ya se adelantó, durante el estudio llevado a cabo entre 2003 y 2007 para la Municipalidad de La Plata, se evaluaron una serie de obras de mejoras propuestas básicamente por la Dirección de Hidráulica Municipal que en la mayoría de los casos sólo producía mitigaciones importantes de las tormentas por debajo de la recurrencia de 5 años. Las mismas consistieron en primordialmente ampliar la sección transversal del arroyo del Gato en su tramo medio y final, construcción de una nueva celda en el conducto principal de calle 11, nuevas conducciones troncales en la avenida 131, etc. En todos los casos se evaluó la eficiencia de las medidas estructurales computando niveles, tiempos de permanencia y extensión de la impronta de la inundación.

Luego de la inundación del 2008 en el norte del partido de La Plata, la Provincia de Buenos Aires a través de su Dirección Provincial de Saneamiento y Obras Hidráulicas (DiPSOH) llevó adelante la elaboración de proyectos en las cuencas más afectadas (A° Rodríguez, Don Carlos, Carnaval y Martín) y también para la cuenca del A° del Gato por ser ésta una de las más urbanizadas. Los proyectos presentados en 2010 (Romanazzi, 2013) dan cuenta de la proposición de una secuencia de obras como sigue: una primera etapa para derivar el arroyo Pérez por calle 142; una segunda etapa para concretar un derivador por la avenida 131 y evitar así el ingreso de excedentes superficiales al casco fundacional desde barrios de la periferia; una tercera etapa para desarrollar y readecuar la red existente para conectarla al derivador de 131; una cuarta etapa para readecuar la capacidad del arroyo del Gato hacia aguas abajo de la calle 17 y en especial el estudio señala que para ello debe procederse a realizar ampliaciones de los puentes existentes, el ensanche de la canalización del arroyo del Gato; y finalmente una quinta etapa que atiende a las obras de desagües del casco urbano que vierten directamente sus aguas al arroyo del Gato. La recurrencia de diseño fue adoptada en 5 años, con lo cual se evidencia que se pretendía una mejora parcial de la situación.

4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DUAL DE LOS DESAGÜES

La simulación dual del desagüe se llevó a cabo con el programa EPA-SWMM (Romanazzi et al., 2007b) para las tormentas registradas en enero de 2002 y abril de 2013. La dinámica de esas inundaciones se presenta a continuación (Fig. 8):

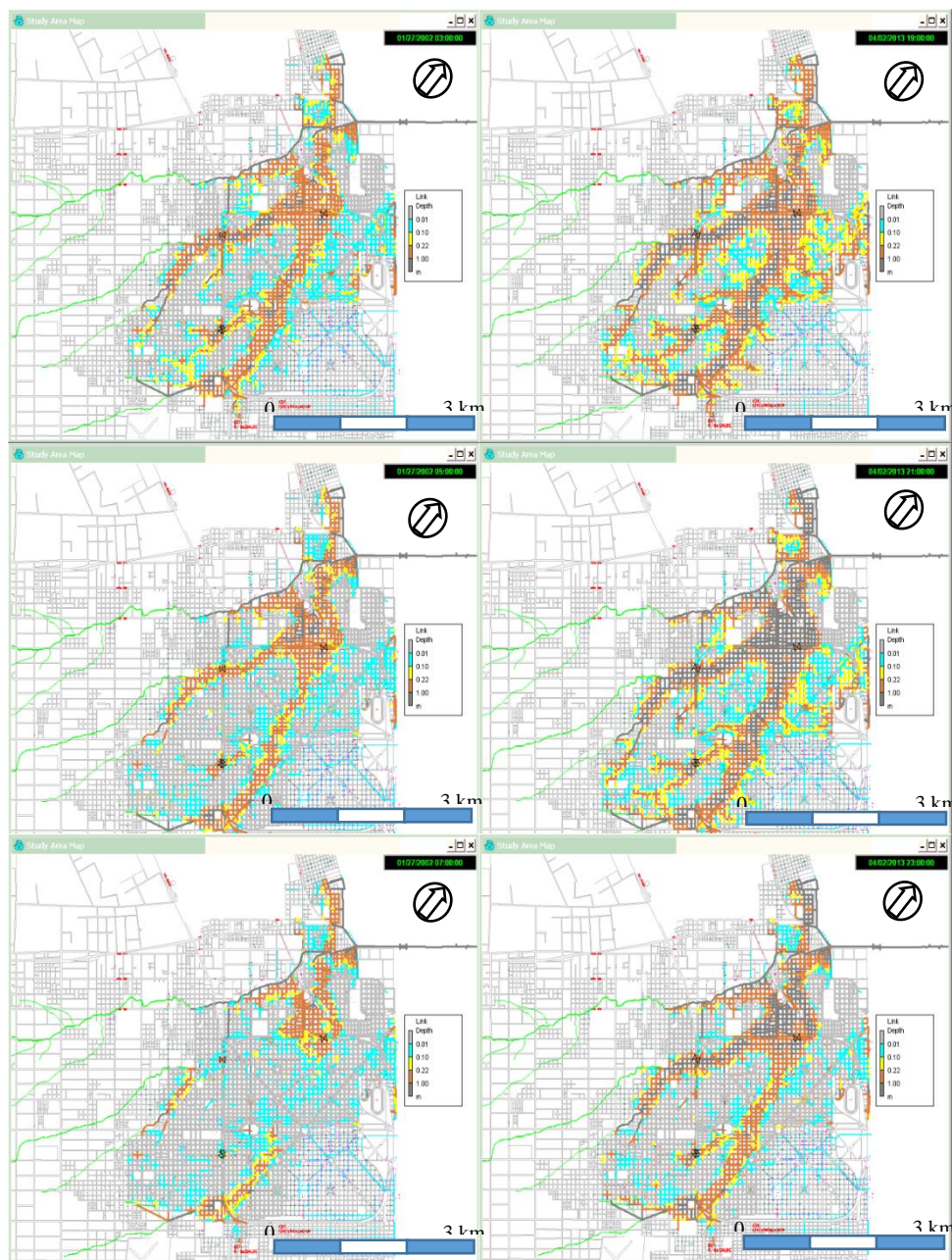


Figura 8 – Simulación del evento del 2002 (izq.) y del 2013 (der.) para 3, 5 y 7 horas de iniciada la tormenta

Como puede apreciarse en la comparación anterior (Fig. 9) los recorridos preferenciales del paso de las aguas por el sector urbano son semejantes, siguiendo los antiguos cauces de los arroyos Pérez y del Regimiento, situación que ni la urbanización ni la pavimentación han podido borrar. Es evidente entonces que las medidas no estructurales y la organización de una situación de emergencia deben ser planificada teniendo en cuenta estas características, dando los alertas correspondientes e instruyendo a la población en general y al sistema urbano de transporte para que no se atraviesen estas corrientes durante el evento y redefina su operación para ponerse al servicio de la evacuación y asistencia de las personas que habitan en los barrios más vulnerables.

Del análisis efectuado por el Departamento de Hidráulica de la Fi-UNLP (Liscia et al., 2013) para la situación con las obras propuestas en 2010 por la DiPSOH, se desprende claramente que la presencia de las obras sólo hubiera producido una diferencia de 30 cm en menos respecto de la situación sin obras.

Para llevar adelante esta comparación se utilizaron puntos de control críticos (Fig. 9) que sirvieron a la calibración del modelo (se compararon niveles de inundación en las viviendas con relevamientos propios y con lo informado mediante encuestas a la población).

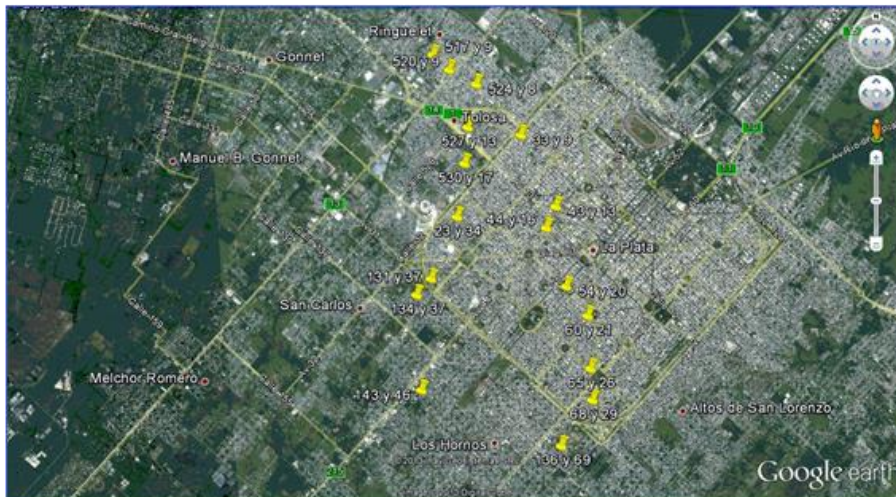


Figura 9 – Ubicación de los puntos críticos seleccionados para la evaluación de las obras proyectadas

Pero el resultado más importante es la comparación de los tiempos de residencia de las aguas en esos puntos críticos de la ciudad, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 2 – Tiempos de residencia sin/con obras proyectadas por la DiPSOH (s/traza A° Regimiento)

Ubicación	Permanencia por encima de un umbral de:						Reducción de la permanencia					
	Situación actual			Con obras DiPSOH			Diferencia en horas			Porcentaje reducción		
	0,1m [h]	0,4m [h]	1,0m [h]	0,1m [h]	0,4m [h]	1,0m [h]	0,1m [h]	0,4m [h]	1,0m [h]	0,1m [%]	0,4m [%]	1,0m [%]
136 y 69	12,3	10,7	7,1	9,3	8,2	5,3	2,9	2,5	1,8	24	23	25
68 y 29	13,6	13,2	7,3	8,0	7,3	0,6	5,6	5,8	6,7	41	44	92
65 y 26	17,6	13,1	8,9	12,8	7,6	2,2	4,8	5,5	6,8	27	42	76
44 y 16	13,1	12,7	9,8	8,2	7,7	3,2	4,9	5,0	6,7	38	39	68
43 y 13	11,8	9,7	2,2	7,4	3,4	0,6	4,4	6,3	1,6	37	65	73
33 y 9	16,8	16,0	12,3	10,8	10,3	6,7	6,1	5,8	5,7	36	36	46
524 y 8	18,1	17,3	13,9	11,8	11,0	8,4	6,2	6,3	5,5	35	36	40
520 y 9	19,2	18,6	15,6	12,7	12,1	9,8	6,5	6,5	5,8	34	35	37
517 y 9	20,2	17,2	11,3	13,7	11,0	3,6	6,5	6,2	7,7	32	36	68
Promedio	15,3	13,8	8,8	9,8	8,1	3,8	5,5	5,7	5,0	37	42	60

De la tabla se desprende que de haber estado operativas las obras de la DiPSOH, la duración de los niveles por encima del umbral de 1 m se hubieran reducido de 8,8 horas a 3,8 horas, es decir, 5 horas menos (60% de reducción) de una situación que produjo víctimas fatales. De la misma manera, siguiendo la traza del A° Pérez se obtienen resultados similares (Tabla 3), de 10,5 horas se hubieran podido reducir los niveles de peligro a 6,7 horas, es decir, 3,8 horas menos (red. 36%).

Tabla 3 – Tiempos de residencia sin/con obras proyectadas por la DiPSOH (s/traza A° Pérez)

Ubicación	Permanencia por encima del umbral de						Reducción de la permanencia					
	Situación actual			Con obras de la DiPSOH			Diferencia en horas			Porcentaje de reducción		
	0,1 [h]	0,4 [h]	1,0 [h]	0,1 [h]	0,4 [h]	1,0 [h]	0,1 [h]	0,4 [h]	1,0 [h]	0,1 [%]	0,4 [%]	1,0 [%]
143 y 46	15,5	13,8	11,6	11,7	7,9	7,3	3,8	5,9	4,3	25	43	37
134 y 37	13,3	12,3	8,0	9,7	8,8	5,3	3,7	3,5	2,8	28	28	34
131 y 37	13,2	12,5	10,3	10,4	10,1	8,5	2,8	2,4	1,8	21	19	17
23 y 34	14,3	13,0	8,9	10,6	9,5	5,3	3,7	3,5	3,7	26	27	41
530 y 17	18,8	17,8	13,1	11,2	10,5	8,1	7,6	7,3	5,0	40	41	38
527 y 13	15,2	14,0	11,1	9,7	8,7	5,9	5,5	5,3	5,2	36	38	47
Promedio	15,0	13,9	10,5	10,5	9,2	6,7	4,5	4,7	3,8	29	33	36

5 CONCLUSIONES

Existió siempre un diagnóstico claro del funcionamiento de los desagües existentes en la cuenca del A° del Gato que indicaba un deficiente desempeño aún para tormentas de baja magnitud e incluso para los niveles de diseño primitivos.

El análisis de la comparación de las improntas de la inundación para los dos máximos eventos registrados hasta el presente (2002 y 2013) permiten confirmar no sólo las trazas preferenciales del paso de las aguas por el sector urbano (lo cual debería orientar los planes de emergencia a futuro) sino la dinámica de su evolución temporal con el estacionamiento de los excedentes en la zona norte del casco urbano.

Por último, se advierte la importancia de tener siempre una mejora en las obras estructurales (aunque no se llegue a los límites físicos de su desarrollo), ya que las mismas pueden producir una disminución significativa de los tiempos de residencia de las aguas favoreciendo así las operaciones de rescate, evacuación y asistencia sanitaria durante la emergencia.

REFERENCIAS

- Barbero, A. J., 1999. *Los desagües pluviales de La Plata*. Laboratorio de Hidrología, Fi –UNLP, Nota publicada en el diario El Día de La Plata el 30 de enero de 1999.
- EPA-SWMM, 2014. United States Environmental Protection Agency, Storm Water Management Model (<http://www2.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>)
- Liscia, S., Amarilla, R., Angheben, E. y otros, 2013. Estudio sobre la inundación ocurrida el 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada. Departamento de Hidráulica, Fi – UNLP (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27334>).
- NASA Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), 2000. Base de datos de elevación digital (DEM) disponible en <http://srtm.csi.cgiar.org/Index.asp>.
- Picandet, P., 1993. *Estudio del funcionamiento de los desagües pluviales de La Plata*. Área Ingeniería de los Recursos Hídricos, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, UNLP.
- Romanazzi, P., Rojas, F.J., Molina, M.G., Carner, J.L., Vahnovan, P., Barbero, A.J., Carusso, L.A. y Perdomo, R. (2005). Estudios Hidrológicos – Hidráulicos - Ambientales en la cuenca del A° del Gato. Laboratorio de Hidrología, DH, Fi, UNLP. *XX Congreso Nacional del Agua, Mendoza*.
- Romanazzi, P., Carner, J. L., Urbiztondo, A. J. y Vallez, V., 2007a. Una experiencia de simulación de un sistema dual de desagües urbanos con el programa EPA-SWMM. *XXI Congreso Nacional del Agua, Tucumán*.
- Romanazzi, P y Urbiztondo, A.J., 2007b. *Estudios Hidrológicos – Hidráulicos - Ambientales en la cuenca del A° del Gato*. Laboratorio de Hidrología, DH, Fi, UNLP. (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27074>).
- Romanazzi, P, 2011. Caracterización y tratamiento de la inundación urbana: el caso de la cuenca del arroyo del Gato en el partido de La Plata. LH, DH, Fi, UNLP. (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26662>).
- Romanazzi, P, 2013. *Antecedentes en la Cuenca del Arroyo del Gato*, Anexo I del Estudio sobre la inundación ocurrida el 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada. Departamento de Hidráulica, Fi – UNLP (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27334>).
- Romanazzi, P., 2014. Aproximación a la estimación estadística de la Precipitación Máxima Probable (PMP) para La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras, Santa Fe, Argentina*.
- Sistema de inventario de efectos de desastres (Desinventar online); <http://online.desinventar.org/>