

7.13. Caracterización y tratamiento de la inundación urbana: el caso de la cuenca del arroyo del Gato en el partido de La Plata (por Pablo Romanazzi).

Resumen

Las inundaciones que se producen en la cuenca media del arroyo del Gato afectan a gran parte del casco fundacional de la ciudad de La Plata y a barrios aledaños. El sistema de desagües pluviales presenta en la actualidad graves deficiencias para conducir los excedentes superficiales generados aún por tormentas de baja severidad.

Este es un caso de estudio típico de la problemática de la inundación urbana, donde el crecimiento periférico de la ciudad no fue anticipado por una planificación adecuada de los desagües. En las zonas críticas, la frecuencia de las inundaciones es alta y cada vez con mayores tiempos de residencia debido a la insuficiencia del sistema para resolver con su misma red troncal las expansiones de áreas impermeabilizadas por la urbanización.

El tratamiento de estos casos complejos requiere de un exhaustivo relevamiento de las componentes del sistema y de un diagnóstico basado en la simulación hidrodinámica de los escurrimientos. Las distintas alternativas de las obras a proponer dependen en gran medida de la efectividad de las mismas para reducir los niveles de inundación y su tiempo de residencia a niveles compatibles con las actividades ciudadanas (habitabilidad razonable en las viviendas ubicadas en zonas críticas, transporte público, estacionamientos, desplazamiento de ambulancias, bomberos, funcionamiento de los desagües cloacales y otros servicios).

No obstante, aún con las obras implementadas, estas situaciones no pueden alcanzar el grado de protección que podría lograrse con un diseño de los desagües en concordancia con la planificación urbana. Este sistema de evacuación y las redes de colectoras cloacales, son servicios resueltos normalmente a gravedad y debido a esa razón elemental no pueden postergarse a la hora de decidir cómo desarrollar una urbanización.

En el marco de este proyecto de Regionalización, este caso de estudio se presenta como un ejemplo de las consecuencias del cambio del uso del suelo o de su ocupación incontrolada en la inmediación de urbes ya implantadas, complicando y degradando la calidad de vida de todos sus habitantes, actuales y futuros.

Introducción

El estudio detallado de esta cuenca pudo llevarse a cabo gracias al Convenio de cooperación permanente entre la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Municipalidad de La Plata (MLP). En el marco de dicho convenio, las asistencias técnicas e investigaciones a desarrollar se acuerdan con las Facultades de la UNLP a través de programas específicos.

En julio de 2003 se puso en marcha el "Programa de Estudios y Asistencia Técnica para el Desarrollo de Soluciones Tecnológicas en Obras de Infraestructura Hidráulica del Partido de La Plata", cuya estructura se moduló como sigue:

M1 – Cuenca del arroyo del Gato (12.412 Ha);

M2 – Cuenca del arroyo Maldonado (3.560 Ha);

M3 – Cuencas de los arroyos Don Carlos y Rodríguez (5.430 Ha);

M4 – Cuencas de los arroyos Martín y Carnaval (8.140 Ha).

Como se muestra en la Figura 7.20, las cuencas seleccionadas para realizar el programa de estudios se encuentran situadas entre dos grandes ríos: el Río de La Plata, receptor natural de las mismas; y el Río Samborombón que se desarrolla en sentido NO-SE con descarga final en la bahía homónima. Entre estas dos condiciones de borde, los arroyos que nacen en el sector SO del partido de La Plata se desarrollan sobre una llanura continental de suave pendiente (color ocre en la figura) y una planicie deprimida de escasa o nula pendiente (tonalidad verde) en el sector próximo a su descarga en el estuario (Ref. [2]).

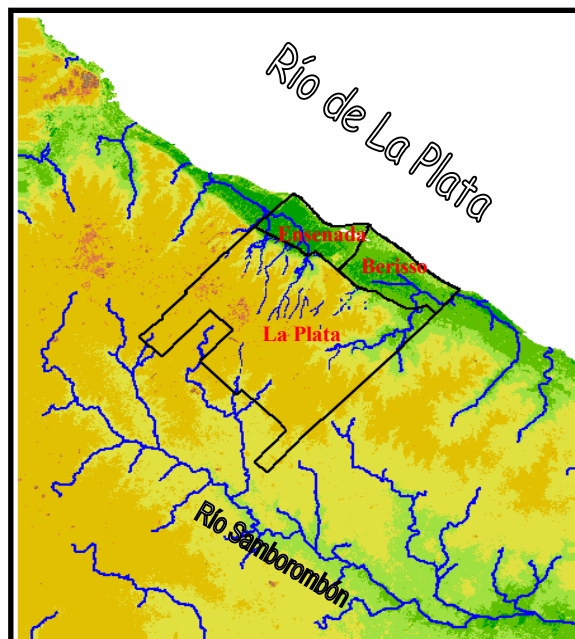


Figura 7.20: Red hídrica regional en el Gran La Plata.

El primer módulo fue denominado "Estudios Hidrológicos, Hidráulicos y Ambientales de la Cuenca del Arroyo del Gato". Su objetivo principal fue proporcionar una herramienta de evaluación y seguimiento del sistema de evacuación pluvial de la cuenca del arroyo del Gato cuando la misma se ve sometida a precipitaciones pluviales de mediana y gran intensidad (Ref. [1]).

El primer orden de ejecución dentro del programa global, se justificó entonces dada la trascendencia de los problemas generados por las precipitaciones intensas en esta zona, la cual comprendía a la mayor parte de la superficie del casco urbano y, por ende, la que alberga a la mayoría de la población platense.

En efecto, la cuenca del arroyo del Gato, con una superficie total de 12.412 Ha (ver Figura 7.21), es la de mayor importancia en la región por varios motivos. Su cauce principal es el cuerpo receptor de los desagües pluviales del casco urbano de la ciudad de La Plata, siendo los arroyos "Pérez" y "del Regimiento" sus afluentes más importantes. Posee una longitud aproximada de 25 Km., desde las primeras manifestaciones de sus nacientes hasta su desembocadura en el Río de la Plata. En el área de esta cuenca se desarrolla una intensa actividad económica y social, con sectores rurales y urbanos con un alto valor productivo, comercial, industrial y recreativo.

En la cuenca alta predomina el uso fruti-hortícola intensivo, siendo la cuenca media la de mayor densidad poblacional, industrial y comercial. A lo largo de su recorrido se pueden observar las descargas pluviales, cloacales e industriales que vuelcan sobre el curso principal, situación que se agrava por los asentamientos poblacionales precarios que se encuentran en algunos sectores de su planicie de inundación. En el área de influencia descrita, ante la ocurrencia de eventos extremos de precipitación, los vecinos y todas las actividades que allí se desarrollan padecen las consecuencias de inundaciones frecuentes de calles y edificaciones en zonas bajas aledañas a los cursos o sus entubamientos. Se estima que en esta cuenca habitan unas 400.000 personas (INDEC 2001), con un porcentaje de ocupación del 60 %.

Las intensas precipitaciones ocurridas en enero del año 2002, pusieron en situación de grave colapso el sistema de desagües, generando la consiguiente preocupación de la comunidad y del Municipio ante la probable repetición de un evento similar. Aún más, sin llegar a considerar esa situación extrema se comprobó, en varias oportunidades, que el sistema presentaba problemas en la evacuación aún con lluvias de menor intensidad, por lo que se hizo necesario encarar un estudio exhaustivo que detectara las principales causas de tales deficiencias.

En este primer módulo de trabajo se decidió avanzar en tres etapas, a saber:

1. analizar los antecedentes disponibles y elaborar un diagnóstico de la situación de los desagües;
2. realizar estudios básicos que contribuyan al conocimiento integral y exhaustivo de la cuenca;
3. identificar medidas de desarrollo y proponer acciones concretas

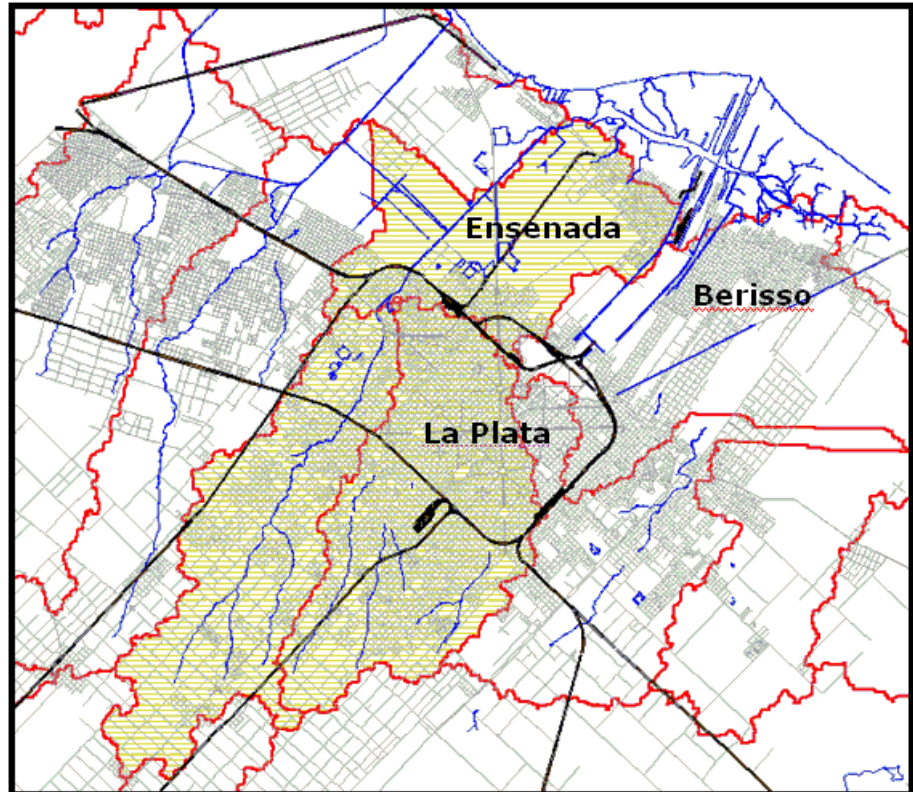


Figura 7.21: Cuenca del A° del Gato delimitada con SRTM (Ref. [6]).

Metodología.

Trabajo de campo.

Durante la ejecución de los trabajos y una vez evaluada la información preexistente disponible (Ref. [5]), se planteó la necesidad de incorporar las siguientes tareas de relevamiento:

- Apertura de más de 100 cámaras de registro para inspeccionar el estado y verificar dimensiones de los conductos principales (ver Foto 7.2 y Figura 7.22).
- Verificación de sentidos de escurrimiento en calles, relevamiento de sumideros, cunetas, tipos de pavimentos, cordones y cambios de pendientes. Altimetría faltante en las zonas residenciales contiguas al casco urbano (Foto 7.2).
- Relevamiento planialtimétrico de las secciones transversales del cauce principal y las características geométricas e hidráulicas de todos los puentes ubicados desde sus nacientes hasta el final de su canalización (ver Foto 7.3).
- Altimetría y posicionamiento planimétrico en coordenadas planas Gauss-Krüger por medio de levantamiento GPS (Foto 7.4).



Foto 7.2: Relevamiento de campo realizado en la cuenca del A° del Gato.

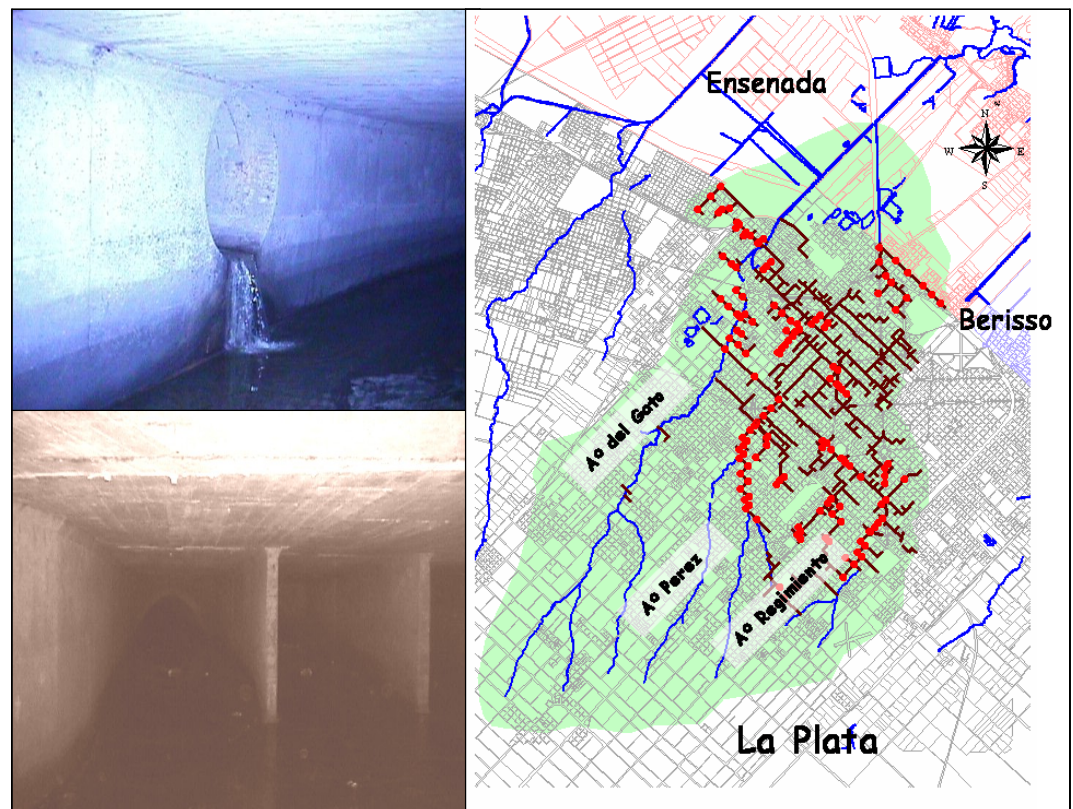


Figura 7.22: Conductos subterráneos y bocas de acceso inspeccionadas.



Foto 7.3: : Levantamiento de perfiles y puentes en el cauce principal.



Foto 7.4: Relevamiento con sistema GPS de doble frecuencia.

Estas tareas se desarrollaron durante el año 2004 y principios del año 2005, cuando complementariamente se decidió avanzar no sólo con el diseño sino también con la instalación de estaciones pluviográficas formando una red de observación de tormentas única en la región ya que, hasta ese momento (en noviembre de 2005 se instaló la última estación) sólo se contaba con los registros puntuales de la estación que posee la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP, en el Observatorio del Paseo del Bosque local.

De acuerdo con las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, Ref. [3],[10]) para una investigación detallada y local, dada la magnitud de los fenómenos observados y la afectación de personas y bienes cuando se produce una tormenta severa, la máxima densidad de estaciones se recomienda un pluviógrafo cada 25 km².

Como se mencionara en la introducción, la superficie total de aportes a la cuenca del Arroyo del Gato alcanza una extensión de 124,12 Km² (12.412 Ha). Esto significa que de acuerdo a norma correspondería colocar aproximadamente 5 estaciones, distribuidas de acuerdo a la forma general de la cuenca, por ejemplo, 2 pluviógrafos para la cuenca alta del arroyo del Gato, otro dentro de la cuenca urbana, 1 dentro de la zona rural y una estación en la zona norte cercana al Puerto de La Plata para registrar en simultáneo con sudestadas o niveles extraordinarios del Río de La Plata.

Hasta el presente, y en conjunto con la unidad del Observatorio, se ha podido conformar una red de pluviógrafos con la instalación de tres estaciones adicionales, a saber:

Tabla 7.16: Posicionamiento de la red de estaciones pluviográficas de La Plata.

Estación	Ubicación	Acceso
E1	Aero La Plata (instalada y funcionando)	13 y 610
E2	Edelap (instalada y funcionando)	28 y 520
E3	Fac. de Agronomía (instalada)	66 y 168



Figura 7.23: Ubicación de estaciones pluviográficas en la cuenca del A° del Gato.

Durante la ejecución del estudio se tuvo oportunidad entonces de capturar un importante número de tormentas que se utilizaron luego para verificar los diagnósticos acerca del funcionamiento de los desagües y para la calibración del modelo matemático que se puso en operación.

Una precipitación importante que fue seleccionada para realizar las mencionadas verificaciones, se produjo el 1 de marzo de 2007. Toda la ciudad de La Plata fue impactada por una precipitación muy voluminosa e intensa. El hietograma observado en la red de estaciones pluviográficas, se muestra a continuación:

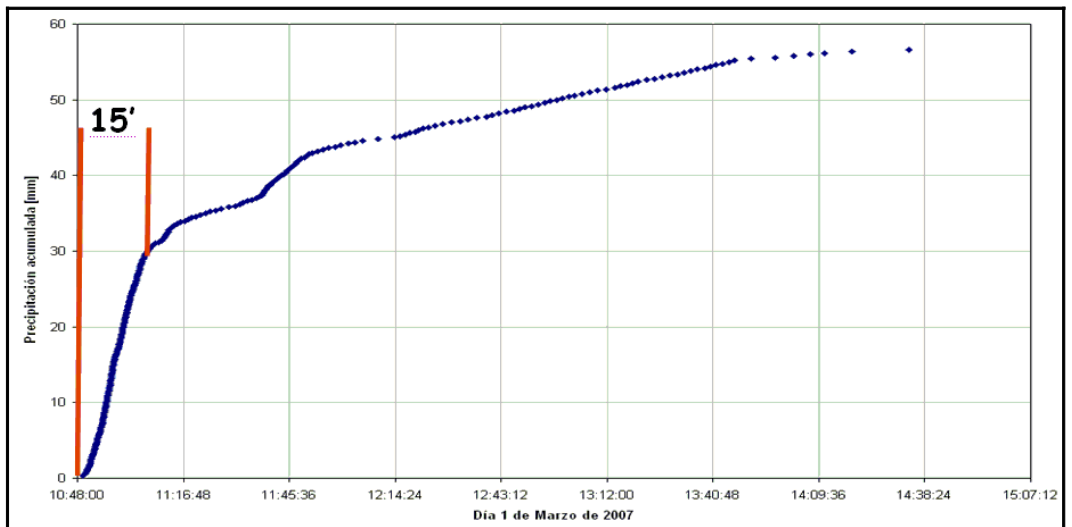


Figura 7.24: Hietograma de la Tormenta del 1/3/2007.

La tormenta tuvo un volumen acumulado de aproximadamente 50 mm en un par de horas, pero destacando que en los primeros 15 minutos del evento se acumularon 30 mm que, en términos de intensidad, corresponden a unos 120 mm/h. Este nivel de intensidad no puede ser soportado por ningún tipo de desagüe pluvial ya que claramente supera los niveles de diseño habituales. Esta fue una de las tormentas que luego se utilizaron para validar el modelo matemático del sistema e intentar de ese modo simular las improntas de inundación de eventos extremos.

Como complemento, se llevó a cabo un relevamiento aerofotográfico con los siguientes objetivos:

- Relevar datos no observados con otros relevamientos.
- Actualizar información de la traza del cauce principal y cursos secundarios.
- Determinar la ubicación de asentamientos y construcciones permanentes sobre las márgenes y planicies de inundación del arroyo.



Foto 7.5: Vistas varias del relevamiento aéreo de la cuenca del A° del Gato.

En la fotografía anterior puede advertirse claramente cómo las márgenes del cauce principal son invadidas por los asentamientos precarios y por construcciones permanentes no tan precarias. Como se demostrará más adelante, esta circunstancia limitó seriamente la posibilidad de atenuar los efectos producidos por los excedentes que se generan por las tormentas intensas y que circulan hacia el Río de La Plata al no poder ensanchar el canal principal de evacuación.

El completamiento planialtimétrico de toda la zona se llevó adelante mediante dos metodologías diferentes, una consistente en el método tradicional de relevamiento topográfico y la otra consistente en la utilización de la tecnología GPS (Sistema de Posicionamiento Global). La principal carencia de información, tanto topográfica como de la red de drenaje, se ubicaba en el sector rural o suburbano de la cuenca, siendo menores los datos faltantes en el sector urbano. La tarea de recolección de datos faltantes y otros tendientes al ajuste del modelo se llevó a cabo mediante la integración de equipos de trabajo independientes que trabajaron en forma simultánea.

En la figura siguiente puede apreciarse la diferencia notable de la situación topográfica del casco fundacional, prácticamente separado por la Diagonal 74. En efecto, al oeste de esta diagonal principal (línea punteada roja en la Figura 7.24) se desarrollan las depresiones de los cauces del Arroyo del Regimiento y del Arroyo Pérez, que ni la urbanización ni la pavimentación de las calles pudo borrar. Esto es fundamental para entender que las urbanizaciones que no respetan la presencia de los desagües naturales y terminan por "entubar" sus cursos, sólo consiguen empeorar la situación. En la figura consignada también puede advertirse con suma claridad la delimitación de la franja costera con su planicie baja (tonalidades de verde) frente al sector continental en cota superior (tonalidad marrón), ya mencionado en la caracterización geomorfológica de la zona (Ref. [2]).

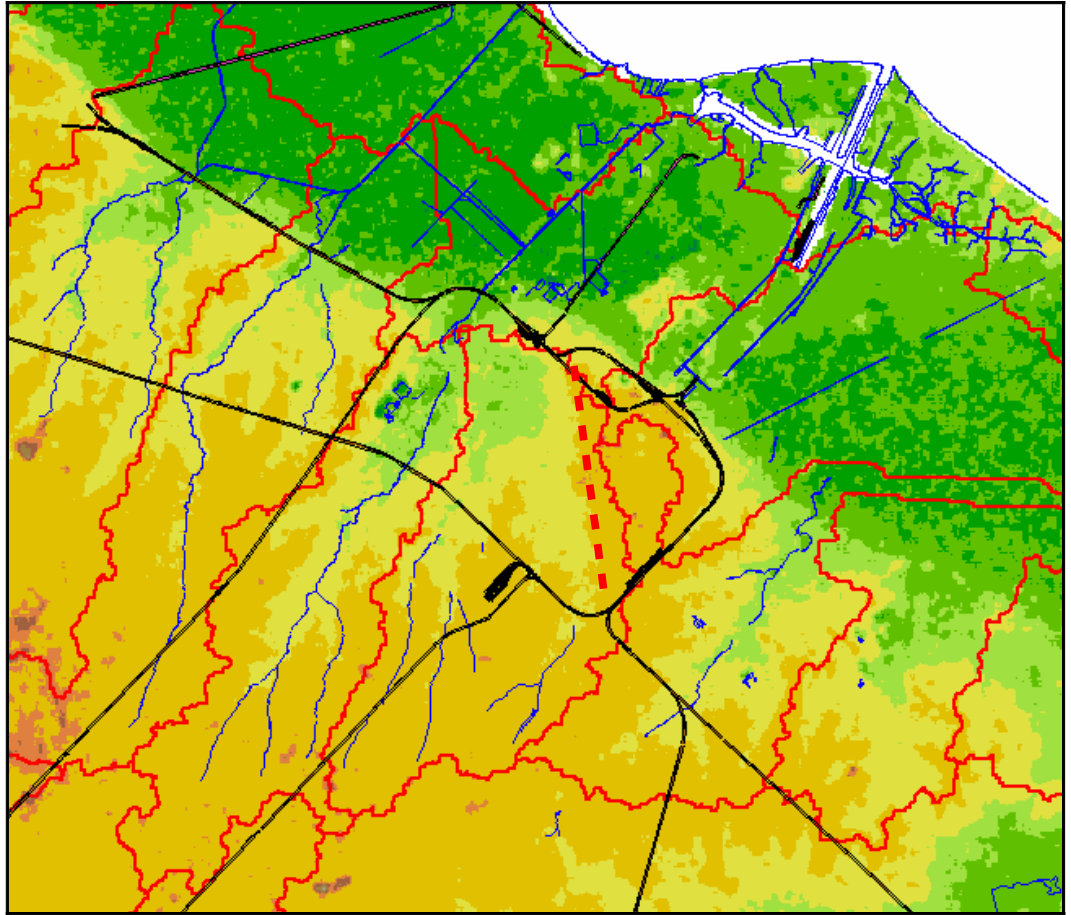


Figura 7.25: Mapa topográfico de la cuenca del Arroyo del Gato (SRTM + GPS).

Procesamiento de la información generada.

Con toda la información de campo relevada se conformó una base de datos digital integrada en un sistema de información geográfica (SIG). Esto permitió completar en forma detallada el inventario de obras hidráulicas del sistema de drenaje. Este conocimiento - como sucede frecuentemente -, anticipa parte del diagnóstico (Ref. [7]). En efecto, al poder comparar el estado de desarrollo del sistema en un lapso de 10 años, se pudo estudiar minuciosamente la evolución de las obras de desagüe, concluyendo que la inversión estuvo dirigida al aumento de ramales y conducciones secundarias mientras que no hubo prácticamente materialización de conductos troncales ni ensanches del canal principal del arroyo.

Tabla 7.17: Comparación de inventarios de conductos y sumideros.

Componente	Inventario 1993-1994	Inventario 2003-2004	Incremento respecto del total
Longitud de conductos [m]	93.381	113.776	21,8 %
Longitud de sumideros [m]	3.598	4.373	21,5 %

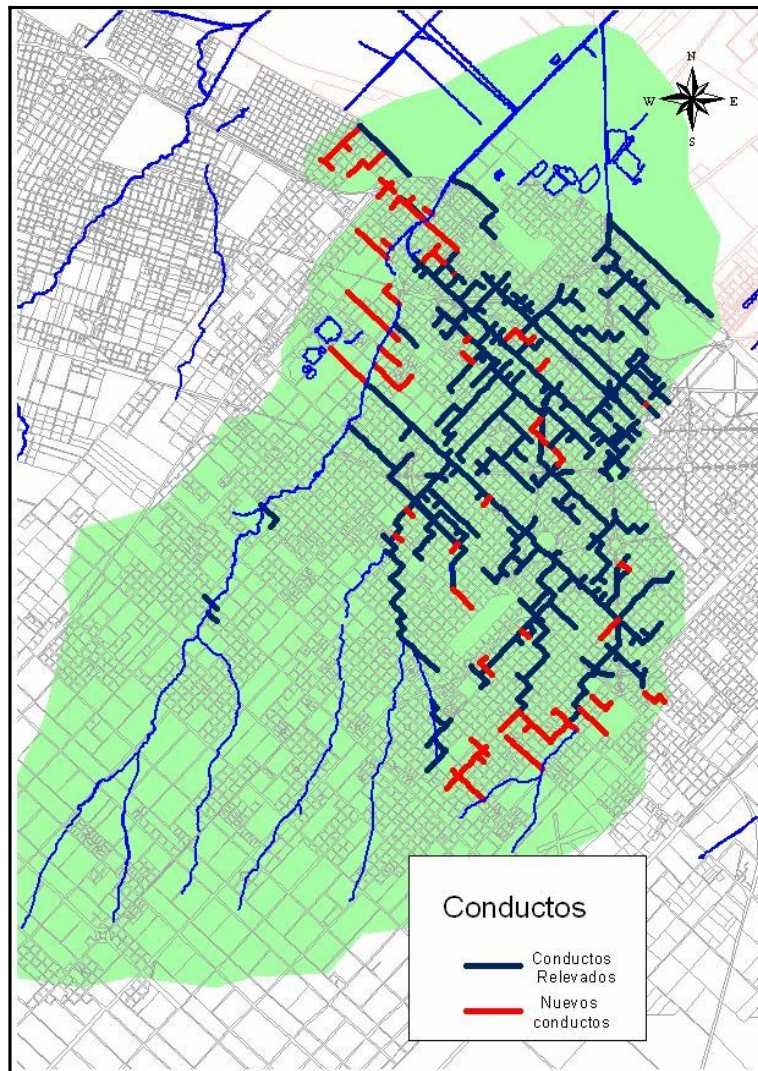


Figura 7.26: Expansión del sistema de desagüe en la cuenca del A° del Gato.

Este hecho orientó la búsqueda de soluciones para atenuar las inundaciones, en especial, para los excedentes superficiales que se generan en el sector SO de la ciudad (Barrio Cementerio y de Los Hornos)

Estos excedentes ingresan al casco fundacional poniendo en situación de colapso a todo el sistema de desagüe, circulando en mayor medida por calles y avenidas que están en plena correlación con los antiguos cauces de los arroyos Pérez y del Regimiento, tributarios del arroyo del Gato.

Para poder evaluar la efectividad de cada una de las alternativas de obras que se proponían, tanto de parte de las autoridades municipales como de los integrantes del estudio, se procedió a simular la hidrodinámica del escurrimiento (Ref. [4]).

El modelo elegido fue el "*Storm Water Management Model*" (SWMM, Ref. [9]), que fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en conjunto con las Universidades de Florida y Oregon. Las características principales del modelo son las siguientes:

- El modelo SWMM simula todos los aspectos del ciclo hidrológico y de calidad de aguas (precipitación, nieve, escorrentía superficial y subterránea, transporte en conductos y canales, almacenamiento y tratamiento)
- Posee capacidad para simular sistemas de bombeo, orificios y vertederos
- Es ampliamente utilizado en EEUU, Europa, Canadá, Australia
- Es de dominio público
- Los códigos fuente y el archivo ejecutable son de libre acceso, lo cual permite introducir modificaciones (por ejemplo, una ley de admisión por sumidero)
- Importante y continua contribución de la comunidad académica y profesional a través de foros de discusión en Internet y por ello es un software que se actualiza en forma permanente

El pre-procesamiento de la información básica para alimentar el modelo SWMM tuvo que abordar los siguientes ítems:

- Ingresar aproximadamente 45.000 datos en la cuenca urbana del Aº del Gato, que implica una superficie drenada por los conductos subterráneos y las calles de 3.650 Ha, aproximadamente un 37% de la cuenca global.
- Datos de 928 subcuencas urbanas de aporte (área, ancho, pendiente). En total se realizó la carga de 3600 nodos y 6571 tramos de conducción.
- Ingreso de datos de áreas permeables e impermeables, rugosidad de las calles y conducciones, almacenamiento en depresiones y parámetros de infiltración.
- Precipitación (datos de 2 tormentas reales y 5 de diseño)
- Conductos/canales de la red de desagües (Tipos, dimensiones, pendiente, rugosidad)
- Cotas de conducto/canal y terreno natural (perfiles transversales)
- Nodos de admisión por esquina, en función del relevamiento de sumideros y bocas de acceso en las calles.

En la figura siguiente se muestra un esquema de las cuencas simuladas con el modelo SWMM:

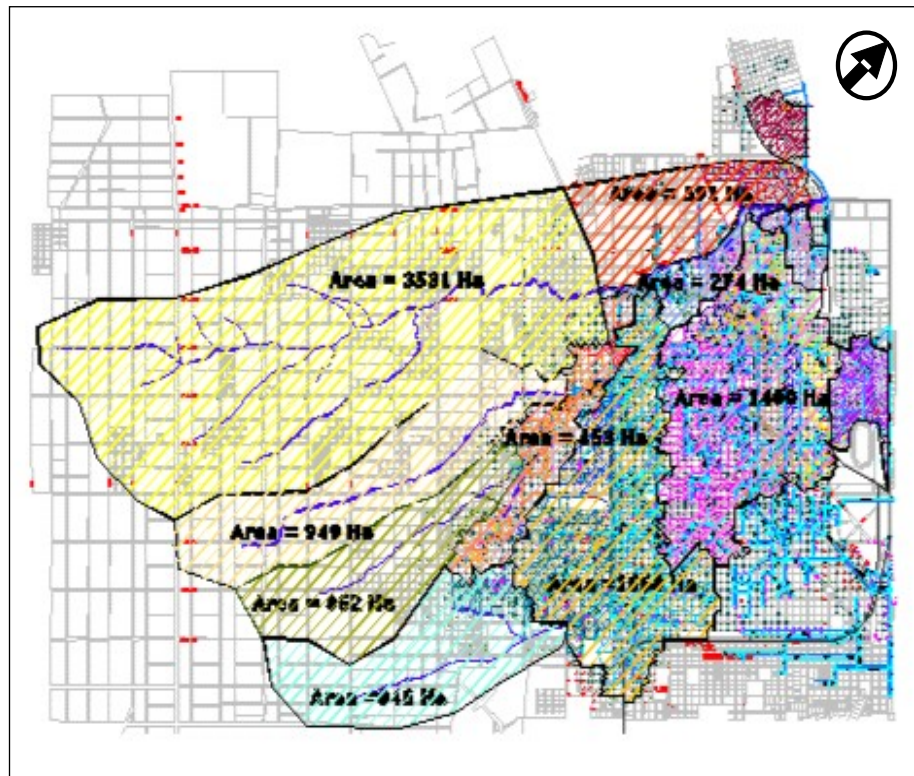


Figura 7.27: Subcuencas simuladas con el Modelo SWMM.

La posibilidad de simular el escurrimiento **dual** (conductos subterráneos y sistema de calles) permitió tener una herramienta muy adecuada para evaluar las distintas propuestas de mejoramiento (Ref. [8]). La calibración del modelo se hizo tratando de reproducir la impronta de inundaciones provocadas por eventos reales de precipitación para luego pasar a la simulación de tormentas de diseño con distintos períodos de retorno (2, 5, 10 años). También se simuló la tormenta de enero de 2002, cuya ocurrencia motivaron los estudios que se presentan en este trabajo.

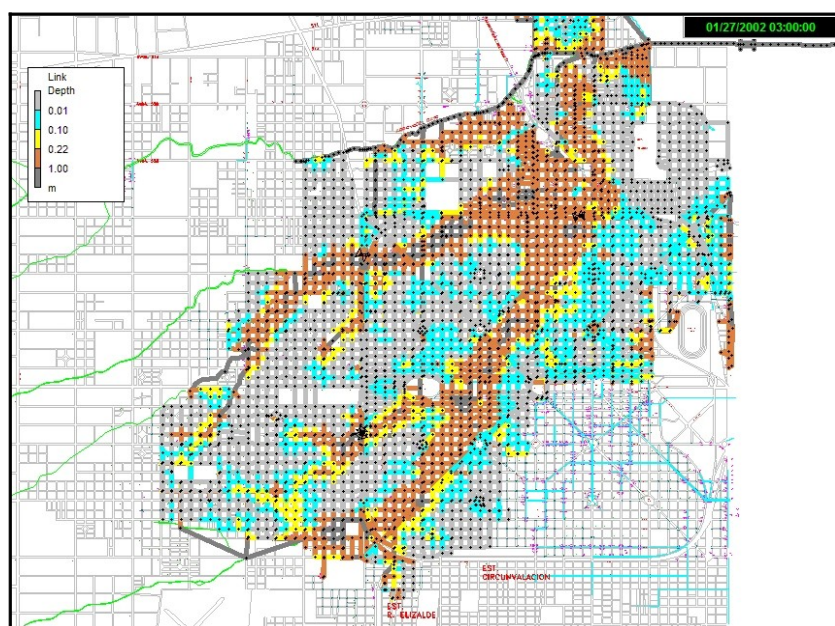


Figura 7.28: Simulación de la impronta de la Inundación del 27/01/2002.

Resultados y conclusiones

En base a los estudios realizados se pudo constatar que el sistema actual de evacuación de excedentes pluviales en la cuenca del arroyo del Gato se presenta insuficiente aún para tormentas frecuentes de baja magnitud. Para este tipo de tormentas, ya se puede advertir que la mayor parte de las conducciones funcionan a presión y, en muchos sectores, esto provoca que la energía de la corriente supere en cota al terreno natural, con la consecuente presencia de volúmenes de agua circulando por las calles. Naturalmente, tal condición se ve agravada para tormentas de mayor magnitud.

Esta situación de insuficiencia generalizada se debe a las siguientes causas:

- El desarrollo urbano y la pavimentación progresiva de calles y construcción de veredas, ha determinado un aumento del coeficiente de impermeabilidad y del coeficiente de escorrentía de la cuenca. Esta afirmación es global e histórica ya que se refiere a la superación del diseño original del sistema pluvial platense desde su época fundacional.
- La progresiva modificación de las conducciones y el aumento de la impermeabilización de la cuenca concluyen en una disminución de los tiempos de concentración con el consecuente aumento del caudal de pico. Este es un efecto permanentemente constatado en todas las urbanizaciones del planeta, y su magnitud aumenta cuando no se acompaña el desarrollo de las mismas con una adecuada componente de desagüe.
- El crecimiento de los conductos troncales no ha acompañado al crecimiento urbano de la ciudad, como sí lo ha hecho en extensión la red secundaria de desagües pluviales. Esto determina una situación de colapso para las pocas salidas que presenta el sistema de evacuación actual.
- Adicionalmente a lo anterior, cabe considerar que muchas de las tormentas que han provocado problemas en los últimos años se han dado con condiciones muy elevadas de humedad antecedente de los suelos. En dichos casos la proporción de la precipitación que se infiltra disminuye y consecuentemente aumenta la proporción del volumen precipitado que escurre superficialmente. Este aspecto no fue tenido en cuenta en las pautas empleadas para el diseño original de las redes de desagües. Esta posibilidad de considerar como variable a la "humedad antecedente" sólo ha sido posible con razonable precisión en las últimas décadas, de la mano de nuevas metodologías y de un mayor volumen de eventos observados que permiten su validación.

Así, los efectos que se han verificado en el funcionamiento de los desagües son los siguientes:

- Para tormentas que pueden producirse en promedio una vez cada dos años, resulta notoria la transferencia de volúmenes de agua de un sistema a otro a través de escurrimientos por calles, lo cual genera un efecto negativo adicional en el troncal primario que sigue la calle 11 hasta su encuentro con el curso principal del arroyo del Gato.
- Para poder garantizar un buen funcionamiento del sistema (aún para tormentas como las indicadas en el párrafo anterior o de mayor magnitud) se requieren obras de gran envergadura y costo (excediendo sin dudas el presupuesto municipal para estos fines), que deberán ser evaluadas cuidadosamente en cuanto a su relación costo-beneficio.

A partir de estas consideraciones, el estudio de las propuestas preliminares de intervención se orientó a desarrollar las siguientes ideas:

- Como primera medida encarar la ampliación de la capacidad de conducción del curso del arroyo, fundamentalmente desde la Avda. 19 hasta su desembocadura.
- En segunda instancia, concretar la ampliación de conductos troncales existentes y la construcción de nuevos conductos principales.
- Otra medida está relacionada con la posibilidad de aprovechar una mayor expansión de la conducción en la zona de bañados aladaña al Canal del Gato en el municipio de Ensenada, dados los beneficios que se obtendrían en comparación con los bajos costos de los trabajos requeridos.
- El crecimiento urbano de la cuenca alta debe afrontarse con la construcción de conductos bajo las grandes avenidas – 137, 143 ó 149 – y evitar de esta forma el traslado de las aguas hacia el casco fundacional.
- Siguen siendo los cursos del Arroyo del Regimiento y los afluentes del Pérez los principales emisarios que deberán ser cuidados y tratados de modo de evitar asentamientos futuros, debiéndose preservar las zonas aladañas de expansión natural de sus aguas.
- Aún suprimiendo los ingresos de las aguas exteriores al perímetro de la ciudad, seguirán existiendo problemas o falencias en la red existente que deberán ser resueltos con otras medidas (Figuras 7.29 y 7.30).

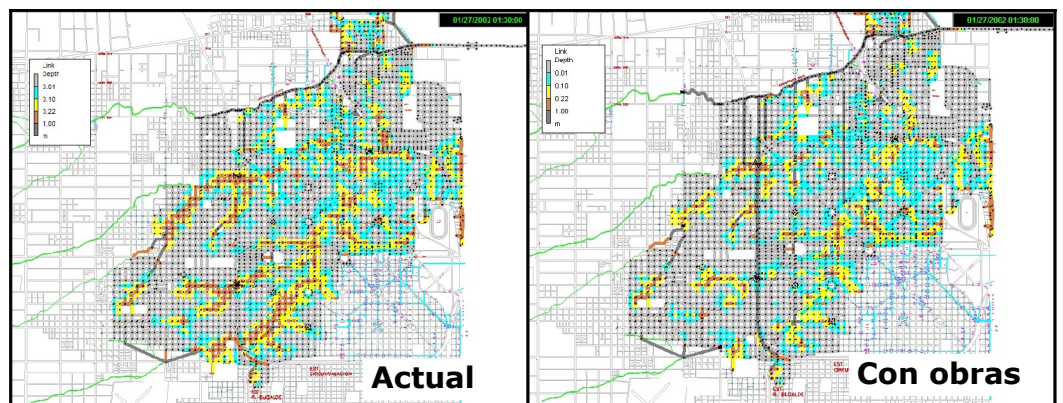


Figura 7.29: Simulación comparada de inundaciones de 5 años de recurrencia.

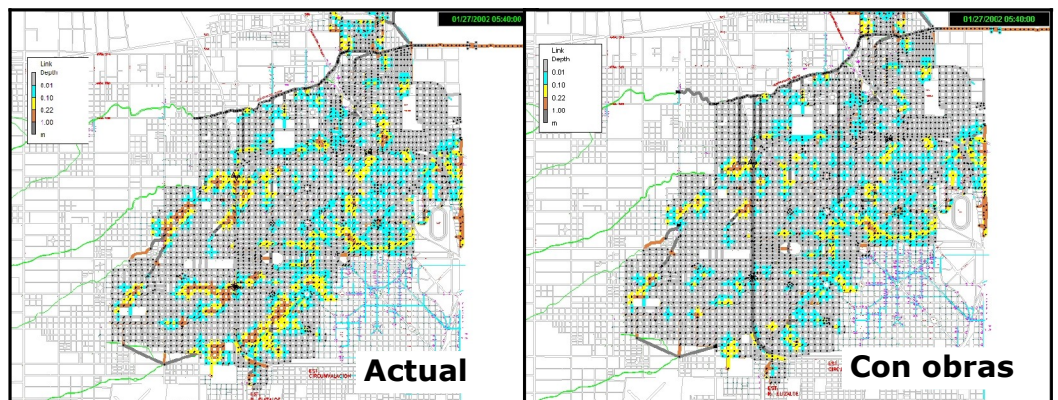


Figura 7.30: Simulación comparada para la tormenta del 1/3/2007.

La respuesta que brindan estas ***soluciones estructurales siempre son limitadas*** y no pueden hacer frente a toda la gama de sucesos extremos que puedan llegar a acontecer en una cuenca urbana. Con mayor razón, ***el nivel de servicio*** de estas medidas estructurales ***debe quedar perfectamente explícito*** para todos los potenciales beneficiarios. En definitiva, es importante señalar que toda solución en estos ambientes altamente intervenidos por la actividades humanas debe surgir de un estudio detallado de todas las componentes del sistema, ***conocimiento que estimula y orienta la génesis de la propuesta*** y que permite validar luego su eficiencia a través de la simulación matemática.

Los estudios y las investigaciones a realizar demandan tiempo y mucha dedicación pero sus costos son realmente menores comparados con los daños tangibles que produce una sola inundación severa.

Por el contrario, los costos de las obras principales de desagüe pluvial (conducciones troncales, ampliaciones de canales, etc.) superan ampliamente los recursos municipales.

Este tipo de grandes obras de desagüe quedan históricamente - y por así estar dispuesto - en responsabilidad de las reparticiones provinciales (ADA, DiPSOH), que además tienen el poder de policía sobre las mismas.

Como en todo proceso de crecimiento urbano, siempre resultará más sencillo planificar la ocupación y el destino de nuevas habilitaciones tratando de no invadir las expansiones naturales de los cursos.

Aún así, es necesario que el fraccionamiento o subdivisión de la tierra (con fines inmobiliarios o para radicación de nuevos destinos), sean evaluados en forma integral dentro de cada una de las cuencas y que no sean habilitados emprendimientos que en sí mismos cumplen con toda la normativa pero que resultan incompatibles si son evaluados en conjunto con la infraestructura existente y/o con otros proyectos en el área.

Sería muy importante para este proyecto de Regionalización que cada comunidad decida, en forma democrática y participativa, qué grado de protección o qué riesgo asociado adoptar para el desarrollo de la infraestructura urbana.

Se trata entonces de tomar una decisión acerca del tiempo medio de retorno de los eventos que se considerarán ordinarios y los que no, reservando para los primeros las franjas de exclusión necesarias en el área de influencia de la inundación y asignando a los segundos los distintos grados de protección, medidas para la emergencia y organización para la población afectada.

La Ley de Hidráulica vigente en la provincia de Buenos Aires y la definición de la línea de ribera basada en los artículos del Código Civil, no colaboran con la implementación de las ideas descriptas hasta aquí ni con las metodologías disponibles para determinar con mayor precisión las zonas a habilitar.

En general, su aplicación es ambigua y permite todo tipo de irregularidades que luego se pagan con daños a personas y sus bienes, así como también al erario público al destruir parcial o totalmente la infraestructura comunitaria.

Referencias

- [1] Caamaño Nelly, G., et al.; "Lluvias de Diseño: conceptos, técnicas y experiencias", Ed. Científica Universitaria, Córdoba, 2003.
- [2] Cabral, M.; "Geomorfología del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires". IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (Capítulo Argentina). Puerto Iguazú, Misiones, 2000.

- [3] Dingman, S. L.; "Physical Hydrology", Prentice Hall, 2a Ed., New Jersey, 2002.
- [4] Estrela, T., "Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos", CEDEX, Madrid, 1992.
- [5] Laboratorio de Hidrología, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; "Estudios Hidrológicos/Hidráulicos/Ambientales en la Cuenca del Arroyo del Gato, 1º Etapa", Acuerdo UNLP – MLP, informes parciales y final, La Plata, Argentina, 2004-2007.
- [6] NASA; "Shuttle radar topography mission", <http://srtm.csi.cgiar.org/>
- [7] Romanazzi, P. et al.; "Estudios Hidrológicos/Hidráulicos/Ambientales en la Cuenca del Arroyo del Gato", XX Congreso Nacional del Agua, Mendoza, Argentina, 2005.
- [8] Romanazzi, P. et al.; "Simulación de sistemas duales de desagüe pluvial con el programa SWMM", XXI Congreso Nacional del Agua, Tucumán, Argentina, 2007.
- [9] U.S. Environmental Protection Agency (EPA); "Storm Water Management Model (SWMM)"; <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/swmm.html>.
- [10] World Meteorological Organization (WMO); "Guide to Hydrological Practices", WMO – No. 168, 15a Ed., 1994.